

МрБ
Массовая радио библиотека
Выпуск 1239
Основана в 1947 году
Г.С.ГЕНДИН
ВСЁ О РЕЗИСТОРАХ
ВСЁ О
ВСЁ:
СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ
ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ - ТЕЛЕКОМ



Г.С.ГЕНДИН

ВСЁ О РЕЗИСТОРАХ

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

МОСКВА
ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ – ТЕЛЕКОМ
2000

Содержание

ББК 32.884.19
Г34

Гендин Г.С.

Г34 Все о резисторах: Справочник. — М.: Горячая линия–Телеком, 1999. ППЗУ– 192 с.: ил. – (Массовая радиобиблиотека; 1239).

ISBN 5-93517-005-1.

Приведены сведения об основных электрических параметрах отечественных и зарубежных резисторов. Книга является практическим пособием, с помощью которого читатель сможет избежать многих широко распространённых ошибок, возникающих при использовании резисторов с неоптимальными, а иногда и вовсе неподходящими характеристиками.

Для широкого круга радиолюбителей.

ББК 32.884.19

Справочное издание

Массовая радиобиблиотека Выпуск 1239

Гендин Геннадий Семенович

Все о резисторах

Редактор И.Н Алексеева
Обложка художника В.Г Ситникова

ЛР № 071825 от 16 марта 1999 г
Подписано в печать 29 02 2000 Формат 60×88/16 Бумага газетная
Гарнитура Arial Печать офсетная Уч -изд л 15,2
Тираж 5 000 экз Изд № 26 Зак № 4983
ЛР № 071334 от 22 08 96
Издательский дом "ГРААЛЬ"
141200, г Пушкино, Моск обл , ул Лесная, д 5
Отпечатано в Производственно-издательском комбинате ВИНИТИ,
140010, г Люберцы, Московской обл , Октябрьский пр-т, 403
Тел 554-21-86

ISBN 5-93517-005-1.

1. Коротко об истории и терминах

Вопрос: Что такое резистор ?
Ответ: Ну, как – что!? Деталька такая – сопротивление.

Выходит, резистор и сопротивление – это одно и то же? Или все же не одно и то же? В этом имеет смысл разобраться прежде, чем приступить к чтению этой книги. Но для этого полезно очень коротко, буквально в двух словах, коснуться истории вопроса и договориться о смысле терминов, которые будут встречаться дальше.

Начнем с того, что английскому (а точнее – интернациональному) слову резистор в русском языке при дослоаном переводе действительно соответствует русское слово "сопротивление". Однако смысловое значение и область использования этих двух слов не просто различны: это два совершенно разные физические понятия.

Достаточно сказать, что резистор может быть только положительной величины, тогда как сопротивление – и положительным, и нулевым и даже отрицательным. Сопротивление резистора всегда активное, тогда как у других деталей и радиоэлементов сопротивление может быть и реактивным.

Так чем же различаются эти два понятия?

Сопротивление – это одна из основных физических величин классической электротехники наряду с другими понятиями – напряжением, током, мощностью, электрической емкостью, индуктианостью Сопротивление, строго говоря, величина абстрактная в том смысле, что определяя по формуле закона Ома его значение, вы вовсе не обязательно имеете в виду какую-либо деталь. Речь может идти просто о аеличине злектрического сопротивления, а чего именно – в большинстве случаев вообще не имеет значения. В то же время в ряде случаев сопротивление – понятие вполне осязаемое: его можно не только вычислить по формуле, но и точно измерить прибором (т. е. определить его значение в установленных условных единицах).

Что же касается резисторов, то здесь дело обстоит как раз наоборот

Резистор – это конкретная, осязаемая деталь, которая всегда, во всех без исключения случаях обладает некоторым сопротивлением – обязательно активным и положительным. Резистор помимо сопротивления может характеризоваться рядом других физических характеристик предельным значением рассеиваемой мощности, допустимым приложенным напряжением и т.п., тогда как физическое понятие *сопротивление* характеризуется только его значением в омах (или других производных единицах).

2. Сопротивление как физическая величина

Итак, сопротивление - это физическая величина, характеризующая некоторые электрические свойства материи. А точнее - способность препятствовать свободному, без потерь, распространению электрической энергии В реальном материальном мире понятие электрического сопротивления присутствует всегда - по крайней мере до тех пор, пока имеет место самопроизвольное движение электронов (броуново движение).

Если допустить на минуту, что значение сопротивления может быть равно нулю, то тогда становится бессмысленной формула основного законв электротехники – закона Ома.

Между тем в практической электро- и особенно радиотехнике вполне корректными считаются понятия "нулевое сопротивление" и даже "отрицательное сопротивление". И это лишний раз подтверждает нашу мысль, что прежде всего надо четко ориентироваться в существующей терминологии.

Начнем с того, что физики различают сопротивления активные и реактивные. С активными сопротивлениями все очень просто: это такие сопротивления, на которых при протекании *любого* тока (переменного или постоянного) часть электрической энергии обязательно *необратимо* преобразуется в тепловую. Иногда это полезно (например, в нагревательных приборах), чаще – бесполезно и даже вредно (например, нагрев деталей внутри телевизора), но во всех случаях – неизбежно.

У реактивных сопротивлений протекающий ток не приводит к бесполезной потери энергии (по крайней мере, теоретически, если отбросить крайне незначительные потери, вызванные побочными причинами). Иными словами, они не нагреваются протекающим током.

Но у реактивных сопротивлений есть два существенных отличия от активных сопротивлений. Во-первых, реактивность может проявляться только на переменном токе, и при этом значение реактивного сопротивления напрямую зависит от *частоты* переменного тока. А во-вторых, сам термин "*реактивное сопротивление*" весьма условен и означает лишь, что в данной электрической цепи при данной частоте конденсатор или катушка индуктивности ведут себя не только как емкость или индуктивность, но и обладают некоторым последовательно включенным сопротивлением. Значение этого сопротивления эквивалентно значению такого же активного сопротивления, с той весьма существенной разницей, что на этом реактивном сопротивлении нет потери электрической энергии в виде тепла.

Например, вполне допустимо электролампу с рабочим напряжением 127 В включить в сеть с напряжением 220 В последовательно через конденсатор определенной емкости. В этом случае реактивное сопротивление конденсатора будет вести себя так же, как активное сопротивление той же величины, но при этом на конденсаторе не будет бесполезно теряться в виде тепла значительная часть энергии.

Что же касается математических расчетов, то здесь оба вида сопротивлений абсолютно равноправны: и те и другие подчиняются законам Ома и Кирхгофа. А значение реактивного сопротивления конденсатора или катушки всегда можно точно вычислить *(но не измерить прибором!)* при помощи двух формул:

$$Z_C = \frac{1}{2\pi fC}; \; Z_L = 2\pi fL,$$

где Z_C и Z_L – реактивные сопротивления конденсатора и катушки индуктивности, Ом; f – частота переменного тока, Гц; С – емкость конденсатора, Ф (именно в фарадах!); L – индуктивность катушки, Гн.

Здесь уместно поделиться с читателями маленькой радиолюбительской хитростью: если вам неизвестна индуктивность катушки или емкость конденсатора и их нечем измерить, можно воспользоваться косвенным методом. Для этого надо соединить конденсатор или квтушку последовательно с обычным

реостатом достаточно большого сопротивления, подключить их к любому источнику переменного тока (например, к звуковому генератору) и постепенно уменьшать сопротивление реостата, постоянно сравнивая напряжение на реостате и конденсаторе (или катушке). Как только эти напряжения станут *одинаковыми*, это будет означать, что реактивное сопротивление детали *точно равно* сопротивлению реостата. Это сопротивление надо измерить тестером, а полученное значение подставить в одну из приведенных выше формул, что позволит вычислить емкость или индуктивность.

Но, если реактивное сопротивление – понятие вполне осязаемое и изначально присущее всем конденсаторам и катушкам индуктивности, то существуют понятия в некотором смысле эфемерные, условные. К ним можно отнести внутреннее сопротивление лампы или отрицательное сопротивление контура генератора.

Внутреннее сопротиаление радиолампы – один из основных ее параметров, приводимых в справочниках, и в то же время внутреннего сопротивления лампы как такового не существует. Внутреннее сопротивление радиолампы - классический пример *виртуальной реальности*. Оно возникает в момент включения устройства, существует, пока радиолампа работает, и исчезает при выключении источника питания. Можете распилить радиолампу пополам, но никакого внутреннего сопротивления в ней не обнаружите. Это связано с тем, что внутреннее сопротивление радиолампы – одна из характеристик *конфигурации и плотности электронного потока*, существующего внутри ее конструкции только в процессе работы и постоянно изменяющая свое значение в зависимости от рабочего режима на ее электродах, отсутствия, наличия и уровня полезного сигнала и ряда других факторов.

А называется этот параметр *сопротивлением* потому, что в электрических расчетах, которые вполне правомерно проводить по формулам "классической" электротехники, промежуток катод–анод внутри работающей лампы можно рассматривать как обычное активное сопротивление некоторой эквивалентной величины.

Точно также понятие "*отрицательное сопротивление*" – всего лишь термин, достаточно точно характеризующий работу самовозбуждающегося генератора или теоретического резонансного контура.

Известно, что подведенный к контуру одиночный импульс вызывает в нем затухающие колебания. Затухают они исключительно потому, что в любом реальном контуре присутствует активная составляющая полного сопротивления, на которой необратимо теряется часть первоначально введенной в контур энергии. Если бы эта активная состааляющая была равна нулю, то возникшие однажды колебания продолжались бы вечно, поскольку на реактивных составляющих, как мы уже говорили, энергия не теряется.

А если допустить, что сопротивление потерь в контуре стало отрицательным, то колебания в контуре не только перестали бы затухать, но и возрастали бы без подведения энергии извне.

Именно такие условия и создаются в реальных генераторах, когда энергия в контур "подкачиаается" извне (от источника питания) в количестве не только компенсирующем потери в контуре, но и немного превышающем эту величину. Именно эта избыточная величина дополнительной энергии "как бы" эквивалентна отрицательному сопротивлению контура.

Теперь, разобравшись в терминологии, мы вполне можвм обратиться непосредственно к теме нашей книги – к резисторам.

3. Резистор как деталь, обладающая активным сопротивлением

Резисторы – неотъемлемая и наиболее часто используемая *деталь* любого современного радиотехнического или электронного устройства. Сегодня невозможно представить себе радиоприемник, телевизор, осциллограф или магнитофон без единого резистора. Однако так было не всегда. Например, в первых детекторных радиоприемниках не было ни одного резистора, что не мешало осуществлять на них уверенный прием нескольких станций. И в первых искровых телеграфных передатчиках тоже не было резисторов.

Резисторы появились тогда, когда в них возникла потребность. А чтобы понять, почему возникла потребность, надо уяснить, какие *функции* выполняют в схеме резисторы.

На заре радиотехники таких функций было не более трех-четырех, поэтому и самих резисторов в схеме любого радиоаппарата было, как принято говорить, раз-два – и обчелся. В современной радиоаппаратуре любого назначения резисторы выполняют без преувеличения десятки различных функций, а потому, к примеру, схема телевизора насчитывает порой не одну сотню резисторов.

Вот далеко не полный перечень функций, которые сегодня выполняют в радиоприемной, измерительной и другой аппаратуре постоянные и переменные резисторы:

понижение напряжения источника питания до нужного значения при помощи "*гасящих*" резисторов и потенциометрических делителей;

выделение переменной составляющей полезного сигнала из смеси постоянного и переменного тока при помощи "*нагрузочных*" резисторов;

регулирование добротности резонансных систем и расширение пределов измерения стрелочных приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем при помощи резисторов – "*шунтов*";

интегрирование и дифференцирование импульсных сигналов при помощи *RC*-цепей;

формирование времязадающих цепей в устройствах отсчета времени;

преобразование изменений температуры в электрический сигнал при помощи *термисторов* и *позисторов*;

преобразование изменений яркости света и освещенности в электрический сигнал при помощи *фоторезисторов*;

преобразование изменений напряженности магнитного поля в электрический сигнал при помощи *магниторезисторов*;

ограничение по максимуму значения постоянных, переменных и импульсных напряжений при помощи *ааристоров*;

ограничение начального броска тока в выпрямителях с большой емкостью входного конденсатора фильтра;

стабилизация протекающего тока при помощи *барретеров* и *урдоксов*;

регулирование полезных электрических сигналов, приводящее к изменению "потребительских" функций радиоаппарата (громкость и тембр звучания, яркость, контрастность и цветовая насыщенность изображения, настройка на принимаемую станцию и т.п.) при помощи переменных резисторов – *потенциометров*;

регулирование и подбор оптимальных (заданных) режимов питания и уровней полезных сигналов внутри схемы радиоаппарата в процессе его регулировки и настройки при помощи "*установочных*" переменных резисторов особой конструкции.

Даже этот, далеко не полный, перечень показывает, какое место занимают в современной схемотехнике резисторы и как велико должно быть их разнообразие, чтобы удовлетворить выбор конструктора. Поэтому в следующей главе мы рассмотрим подробнее большинство из перечисленных функций, проанализируем специфику работы резисторов при выполнении этих функций и дадим рекомендации по обоснованному выбору типов резисторов для той или иной конкретной схемы.

4. Классификация резисторов по назначению

Поскольку при протекании электрического тока через резистор на нем в соответствии с законом Ома возникает "*падение напряжения*", то одной из главных функций резисторов является *уменьшение* имеющегося напряжения источника до необходимого значения. Подчеркиваем: именно уменьшение, поскольку никакие самые хитрые схемы не позволяют при помощи одних только резисторов увеличивать имеющееся напряжение.

Существуют два основных способа использования постоянных резисторов для этой цели. В первом случае так называемый "гасящий" резистор включается последовательно между источником питания и схемой-потребителем. Сопротивление этого резистора определяется по формуле:

$$R_{гасящ} = \frac{U_{источ} - U_{потр}}{I_{потр}},$$

где $R_{гасящ}$ – сопротивление гасящего резистора, Ом; $U_{источ}$ – напряжение источника питания, В; $U_{потр}$ – рабочее напряжение схемы-потребителя, В; $I_{потр}$ – установившееся значение потребляемого схемой постоянного тока, А.

Для удобства расчетов в ряде случаев ток можно брать в миллиамперах (мА), тогда сопротивление гасящего резистора получается в килоомах.

Определив сопротивление резистора, необходимо также определить мощность, которую этот резистор обязательно будет рассеивать в виде тепла. Она определяется по формуле:

$$P_{расс} = (U_{источ} - U_{потр})\, I_{потр}$$

или

$$P_{расс} = I^2_{потр}\, R_{гас}.$$

Чтобы значение мощности получилось в ваттах (Вт), напряжение необходимо брать в вольтах (В), а ток – в амперах (А).

Пример. Мультивибратор рассчитан на рабочее напряжение 9 В и потребляет ток 10 мА. Источник напряжения - аккумулятор с напряжением 12 В. Определим сопротивление добавочного "гасящего" резистора:

$R_{гас}$ (кОм) = (12 – 9)/10 = 0,3 кОм = 300 Ом.

Мощность рассеяния этого резистора

$P_{расс}$ = (12 - 9) 0,01 = 0,03 Вт,

поэтому можно смело использовать самые малогабаритные резисторы, ибо нижний предел рассеиваемой мощности для абсолютного большинства резисторов превышает 0,05...0,1 Вт.

Несмотря на исключительную простоту устройства с "гасящим" резистором, схема пригодна только для тех участков, у которых установившийся ток потребления не изменяется в процессе работы (как в рассмотренном примере с мультивибратором или в маломощных каскадах предварительного усиления). Если же потребляемый ток непрерывно и в значительных пределах изменяется в процессе работы (например, у мощных оконечных усилителей на транзисторах), то также непрерывно будет меняться и падение напряжения на гасящем резисторе, а следовательно, – и на самой схеме. Это всегда нежелательно, а в ряде случаев – недопустимо.

В этих случаях применяют потенциометрические делители, представляющие два последовательно соединенные постоянные резистора, подключенные непосредственно к плюсу и минусу источника питания.

Крайне важно понять и уяснить следующую истину: в потенциометрическом делителе падение напряжения на каждом из двух резисторов совершенно не зависит от их абсолютной величины, а зависит исключительно от соотношения значений их сопротивлений. Иными словами, к источнику питания напряжением 100 В можно подключить два последовательно соединенные резистора сопротивлением 3 и 7 кОм или в 30 и 70 кОм, или 3 и 7 МОм – во всех трех случаях на первом резисторе "упадет" 30 В, а на другом "останется" 70 В.

Так в чем же разница? А разница огромная, и нагляднее всего понять ее можно на том же примере с мультивибратором. Давайте сначала подключим к нашему условному аккумулятору потенциометрический делитель из двух резисторов – 3 и 9 кОм. Поскольку напряжение аккумулятора равно 12 В, а сумма сопротивлений делителя – 12 кОм, то на каждом килооме "упадет" по 1 вольту. В результате на нижнем плече делителя окажется ровно 9 В, т. е. именно столько, сколько нам нужно.

Теперь подключим к "источнику" напряжения 9 В наш мультивибратор. И что же у нас получится? А получится, что в момент подключения на мультивибраторе окажется не 9, а только 2,5 В.

Почему же так получилось? А потому, что именно так и должно было получиться в строгом соответствии с законом Ома. Давайте для начала уясним, как понимать, что мультивибратор при напряжении в 9 В потребляет ток 10 мА? А это значит, что мультивибратор вполне можно заменить обычным резистором сопротивлением 0,9 кОм. Проверьте, если сомневаетесь.

Значит, подключая мультивибратор к нижнему плечу потенциометрического делителя, мы как бы включаем параллельно резистору сопротивлением 9 кОм второй резистор сопротивлением 0,9 кОм. Но два параллельно соединенные резистора можно представить как один с общим сопротивлением R1·R2

$$R_{общ} = \frac{R1\,R2}{R1 + R2}$$

или в нашем случае где-то около 0,8 кОм.

И теперь оказывается, что наш потенциометрический делитель состоит из двух резисторов: 3 и 0,8 кОм (вместо 9 кОм!) А потому на верхнем плече теперь упадет не 3, а 9,5 В, а на нижнем соответственно останется только 2,5 В.

Если бы мы взяли вместо резисторов сопротивлением 3 и 9 кОм резисторы сопротивлением 300 и 900 Ом, то при ненагруженном делителе соотношение напряжений осталось бы таким же: 3 и 9 В, но в момент подключения мультивибратора это соотношение изменилось бы на 4,8 и 7,2 В. То есть, в

момент подключения мультивибратора напряжение на нижнем плече упало бы уже не до 2,5, а только до 7,2 В.

Если бы в качестве плеч делителя мы взяли резисторы сопротивлением 30 и 90 Ом, то подключение мультивибратора уменьшило напряжение на нижнем плече делителя только на 0,2 В и вместо 9 В на нем осталось бы 8,8 В.

А если бы мы взяли... Впрочем, давайте остановимся, подведем итоги и сделаем важные выводы. Если потенциометрический делитель ни на что не нагружен, то совершенно безразлично, какова абсолютная величина сопротивления входящих в него резисторов. Коэффициент деления напряжения будет определяться только соотношением их сопротивлений.

Но картина резко меняется, когда к одному из плеч делителя подключается реальная нагрузка. Степень влияния подключаемой нагрузки на коэффициент деления зависит исключительно от соотношения внутреннего (эквивалентного) сопротивления этой нагрузки и сопротивления плеча делителя, к которому нагрузка подключается.

Если сопротивление нагрузки во много раз *больше* сопротивления резистора делителя (в 10 и более раз), то подключение нагрузки *почти* не сказывается на коэффициенте деления (как в последнем примере с нашим мультивибратором). И наоборот, при эквивалентном сопротивлении нагрузки, *равном или меньшем*, чем сопротивление плеча делителя, подключение делителя *резко уменьшает* полезное напряжение на рабочем плече делителя, делая бессмысленным использование потенциометрического делителя.

Но ведь в последнем примере с мультивибратором делитель из резисторов сопротивлением 30 и 90 Ом практически обеспечивал нужные нам 9 В. Более того, если уменьшить верхнее плечо делителя с 30 до 27 Ом, тогда при подключении мультивибратора к нижнему плечу на нем окажется *точно* 9 В, что нам и требовалось.

Значит, используя источник напряжением 12 В, к нему можно подключать 9-вольтовый мультивибратор либо через гасящий резистор сопротивлением 300 Ом, либо через потенциометрический делитель из двух резисторов сопротивлением 27 и 90 Ом. Эффект будет один и тот же. А цена ?

В первом случае устройство будет потреблять от источника питания мощность, равную *сумме мощностей*, потребляемых самим мультивибратором и гасящим резистором, т. е.

$$P_{потр} = 0{,}09 \text{ Вт} + 0{,}03 \text{ Вт} = 0{,}12 \text{ Вт}.$$

Во втором случае к мощности, потребляемой мультивибратором, добавится мощность, потребляемая самим делителем. Велика ли она? На этот вопрос нам ответит тот же закон Ома:

$$R_{делит} = R1 + R2 = 27 + 90 = 117 \text{ Ом};$$

$$I_{делит} = \frac{U}{R_{общ}} = \frac{12}{117} = 0{,}103 \text{ А} \quad \text{или округленно } 0{,}1 \text{ А},$$

$P_{делит} = U\,I = 12 \cdot 0{,}1 = 1{,}2$ Вт плюс мощность, потребляемая самим мультивибратором.

Итого: 1,2 Вт + 0,09 Вт, округленно 1,3 Вт.

Иначе говоря, мощность, потребляемая от источника питания во втором случае возрастает более, чем в 10 раз, причем 90% этой мощности теряется

совершенно бесполезно – на нагрев воздуха в помещении. Так зачем же в таком случае вообще нужны потенциометрические делители?

Не будем торопиться, а вспомним, что от потенциометрического делителя, состоящего из двух постоянных резисторов, всего один шаг до потенциометра – переменного резистора, номинальное сопротивление которого как бы равно сумме двух сопротивлений постоянного делителя, но наличие подвижного элемента, вращаемого осью управления, позволяет плавно и в широких пределах (от нуля до максимума) изменять соотношение плеч делителя и тем самым плавно изменять значение снимаемого с делитвля напряжения.

Изобретение потенциометра позволило использовать его не как делитель постоянного напряжения источника питания, а как регулятор уровня самых разнообразных электрических сигналоа. В любом радиоприемнике или телевизоре при помощи потенциометров, выведенных на лицевую панель упрааления, регулируют громкость и тембр звука, яркость, контрастность и цветовую насыщенность изображения, хотя с физической точки зрения, вращая ручки этих регуляторов, вы просто меняете соотношение плеч потенциометрического делителя и, как результат, – уровень "снимаемого" полезного сигнала. Только и всего, и ничего более.

Однако и простые потенциометрические делители не потеряли саоего значения и находят широкое применение в тех цепях, где собственный ток потребления очень мал (например, в цепях питания базы транзисторов, особенно полевых). В них обычно используют достаточно высокоомные делители, чтобы мощность, потребляемая самим делителем, была несущественной. В то же время применение именно делителей вместо гасящих резисторов обеспечивает стабильность снимаемого напряжения при значительных изменениях уровня полезного сигнала, что одиночный гасящий резистор обеспечить не в состоянии.

Другая важнейшая сфера применения резисторов в радиотехнических схемах – использование их в качестве *нагрузок*. Нагрузочные резисторы исключительно широко применяются в схемах "резистивных" усилительных каскадах, в мультивибраторах и триггерах, в устройствах селекции синхроимпульсов в телеаизорах и по количеству занимают одно из первых мест в любом радиоэлектронном аппарате.

Нагрузочные резисторы, как правило, включаются *последовательно* в цепь протекания *смешанного* тока, состоящего из постоянной составляющей источника питания и переменной составляющей полезного сигнала. Задача и назначение нагрузочного резистора разделить эти две составляющие.

По резистору, включенному, скажем, в коллекторную цепь транзистора или в анодную цепь радиолампы, протекает некоторый постоянный ток, создающий падение напряжения на зтом резисторе. Пусть это падение напряжения составляет 5 В. При наличии полезного сигнала ток через лампу или транзистор попеременно увеличивается и уменьшается, что естественно приводит к такому же попеременному увеличению и уменьшению падения напряжения на резисторе. Пусть эти изменения находятся в пределах 2,5...7,5 В. Эта разница (7,5 – 2,5) = 5 В представляет уже не постоянное, а переменное нвпряжение с частотой полезного сигнала, которое может быть "снято" (отделено от постоянной составляющей) при помощи *разделительного конденсатора*.

При выборе типа нагрузочного резистора в первую очередь надо помнить, что он всегда работает в режиме выделения тепла, а потому, установив нужное номинальное значение его сопротивления и зная максимальное значение

протекающего в цепи тока, надо оценить максимальное значение *рассеиваемой мощности* по формуле:

$$P_{расс} = I^2_{макс} R_{нагр},$$

где $P_{расс}$ измеряется в ваттах; I – в амперах; $R_{нагр}$ – в омах.

Реально выбранный резистор должен иметь как минимум двойной запас по значению допустимой мощности рассеяния. То есть, если расчетная мощность для такого резистора составляет, скажем, 0,22 Вт, надо взять резистор с паспортным значением мощности рассеяния 0,5 Вт.

Следующая распространенная функция резисторов – *шунтирование*. Под *шунтом* подразумевают резистор, включенный *параллельно* каким-либо другим радиоэлементам, узлам, приборам. В радиовещательной аппаратуре шунты чащв всего используются для уменьшения добротности резонансных систем, а в измерительной технике – для расширения пределов измерения многошкальных стрелочных приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем. Рассмотрим оба эти случая несколько подробнее.

Известно, что любая резонансная система (например, LC-контур) помимо собстаенной резонансной частоты характеризуется еще и добротностью, определяющей "остроту" резонансной кривой и, следовательно, полосу пропускания. Чем выше добротность, тем выше избирательные (селективные) свойства резонансного контура.

Казалось бы, что всегда, во всех случаях "хороший" контур лучше "плохого". Однако на деле это совсем не твк. В подавляющем большинстве случаев перед избирательной системой стоит не только задача выделвния заданной частоты из широкого спектра, но и пропускания некоторой полосы частот с неравномерностью, не хуже оговоренной. А как раз "хорошие", высокодобротные контуры, обычно имеют очень узкую полосу пропускания.

Вот в этих случаях и применяют резисторы-*шунты*. Смысл этой операции основан на том, что добротность любой резонансной системы (а следовательно, и полосы пропускания) – это показатель величины активных потерь анутри системы, которая складывается из сопротивлений потерь в элементах контура. В любой катушке – это активное сопротивление провода, которым она намотана, а в конденсаторах сопротивление "утечки". В "хороших" контурах эти потери малы, однако ничто не мешает эти потери увеличить искусственно. Для этого оказывается достаточным подключить параллельно контуру дополнительный постоянный резистор, на котором всегда происходит необратимая потеря энергии в виде тепла.

Чем меньше величина подключаемого резистора, тем больше его шунтирующее действие, тем больше потери в контуре, тем хуже его добротность и тем больше его полоса пропускания.

Сочетая использование высокодобротных резонансных систем и шунтов, очень легко получить любую наперед заданную полосу пропускания. Это широко используют при проектировании и регулировке большинства радиоаппаратов как в промышленности, так и в радиолюбительской практике.

Требования, предъявляемые к резисторам-шунтам в резонансных системах, сводятся в основном к стабильности значения их сопротивления во времени и незначительной зависимости от температуры и влажности окружающей среды. Самой высокой стабильностью среди отечественных резисторов обладают бороуглеродистые, типа БЛП. Они же обладают самым низким уровнем

собственных шумов (в 10 раз ниже, чем у всех остальных типов), поэтому в качестве шунтов лучше всего использовать именно эти резисторы

У резисторов-шунтов в измерительной технике совсем другие задачи и соответственно иная специфика работы Определяется эта специфика тем, что подавляющее большинство измерительных головок магнитоэлектрической и электромагнитной систем обладают исключительно высокой чувствительностью, т е для отклонения их стрелки на всю шкалу достаточно тока порядка нескольких миллиампер, а в ряде случаев – десятков или сотен микроампер Понятно, что такими приборами невозможно измерять токи большей величины

Но это препятствие устранимо, если обмотку прибора шунтировать резистором Смысл этого основан на законе Кирхгофа для разветвленной электрической цепи, в соответствии с которым общий ток, протекающий через две параллельно соединенные сопротивления, разветвляется на две составляющие, обратно пропорциональные значениям этих сопротивлений

Иными словами, если к источнику с напряжением 10 В подключить параллельно два резистора сопротивлением в 10 кОм и 0,1010101 кОм (*обратите особое внимание на сопротивление второго резистора!*), то через первый резистор потечет ток 1 мА, а через второй – 99 мА Общий же ток в цепи источника составит 1+99=100 мА Если теперь вместо первого резистора подключить измерительную головку, стрелка которой отклоняется на всю шкалу при токе 1 мА, то этому полному отклонению будет соответствовать ток в общей цепи источника 100 мА А если теперь уменьшить напряжение источника с 10 до 5 В, то ток в цепи уменьшится в 2 раза и станет равным 50 мА Но при этом также уменьшится и ток через обмотку прибора, и его стрелка остановится на середине шкалы

Говоря проще, зашунтировав обмотку прибора резистором, сопротивление которого в 99 раз меньше сопротивления самой обмотки, мы как бы в 100 раз уменьшили чувствительность прибора и во столько же раз расширили диапазон его измерения Теперь этот зашунтированный прибор можно непосредственно включить в разрыв измеряемой цепи, и максимальному отклонению стрелки будет соответствовать уже не 1, а 100 мА

Ограничимся сказанным в отношении принципа работы шунтов в измерительной технике, а рассмотрим подробнее специфику работы самих шунтирующих резисторов Прежде всего, из приведенного примера бросается в глаза явная нестандартность сопротивления резистора-шунта И это не случайность Все шунты такого рода отличаются не только нестандартностью, но и очень высокой степенью точности В нашем примере понадобился бы резистор сопротивлением 101 Ом с допуском менее 1% Такие резисторы называются высокоточными (прецизионными), стоят достаточно дорого и не всегда могут быть приобретены радиолюбителем

Однако и здесь нам на помощь придет маленькая радиолюбительская хитрость Вспомним, что два параллельно соединенные резистора образуют как бы один новый резистор, сопротивление которого определяется по формуле

$$R_{общ} = \frac{R1\,R2}{R1 + R2}$$

Поэтому отберем среди резисторов с номинальным сопротивлением 110 Ом и допуском в 10 или даже 20% один резистор сопротивлением 105 Ом (сделать это очень несложно) и затем будем поочередно подключать параллельно ему резисторы сопротивлением 10, 5, 3 2 и 1 кОм

Чтобы не загромождать книгу расчетами, сразу приведем полученный результат

105 Ом и 10 кОм дадут в сумме 103,9090 Ом,
105 Ом и 5 кОм – 102,8404 Ом,
105 Ом и 3 кОм – 101,4493 Ом,
105 Ом и 2 кОм – 99,7625 Ом

Как видим, вместо того, чтобы искать среди дорогих прецизионных резисторов те, которые с точностью до долей процента нам необходимы (а в многошкальном приборе их может понадобиться целый десяток), достаточно взять за основу резистор немного превышающий по сопротивлению расчетный, допуск которого вообще не имеет значения, и подключить параллельно ему р е о с т а т сопротивлением примерно 10 кОм Плавно уменьшая сопротивление реостата мы без труда получим *любое* нужное нам значение с *любой степенью точности*

Правда, есть и другой путь Как правило, сопротивления шунтов в многошкальных приборах обычно не превышают сотен ом, а часто составляют десятки и даже единицы ом, поэтому часто (особенно в приборах промышленного производства) шунты изготавливают из высокоомной проволоки (никелин, константан, нихром), измеряя их сопротивления на специальных высокоточных приборах – измерительных мостах

Мы предоставляем читателю самому остановить свой выбор на том или ином способе Заметим только, что в любом случае при монтаже шунтов особое значение приобретает величина переходного сопротивления контактов, поэтому при их монтаже и пайке необходима повышенная тщательность

Следующими распространенными функциями, которые невозможно осуществить без помощи резисторов, являются интегрирование и дифференцирование импульсных сигналов, а также формирование времязадающих цепей Если к источнику П-образных импульсов подключить соединенные последовательно резистор и конденсатор, то на конденсаторе этот импульс окажется интегрированным, а на резисторе - дифференцированным

Этим свойством RC-цепей широко пользуются при создании схем, обрабатывающих различные импульсные сигналы (например, в схемах телевизоров) Выбор резисторов и конденсаторов определяется частотой импульсного сигнала и необходимой степенью интегрирования или дифференцирования импульса

Никаких специальных требований к резисторам для этих цепей обычно не предъявляют, поэтому на практике можно использовать любые имеющиеся в наличии типы

Другое дело – резисторы для времязадающих цепей Такая цепь по существу мало отличается от интегрирующих и дифференцирующих цепей Это те же, соединенные последовательно резистор и конденсатор. Но подключается эта цепь к источнику постоянного тока, а полезным сигналом считается постоянное напряжение на конденсаторе

Дело в том, что незаряженный конденсатор в момент подключения к источнику постоянного тока представляет собой практически короткое замыкание Однако по мере его заряда сопротивление конденсатора постоянному току возрастает, стремясь в пределе к бесконечности а напряжение на конденсаторе увеличивается стремясь в пределе к напряжению источника

Таблица 1 **Основные параметры отечественных постоянных резисторов общего применения**

Параметр	Поверхностные резисторы			
	углеводородистые типов *ВС ОВС ВСЕ* УЛМ УЛС УЛИ УНУ *ИВС* С1-4	бороуглеродистые типа БЛП БЛПа	металлопленочные	
			сплавные типов МТ МЛТ ОМЛТ МУН МГп С2-14 С2-29В С2-33Н	Металлоокисные типов С2-6 МОН С2-7Е
$R_{ном}$, Ом	1 $5x10^6$	1 10^5	24 10^7	1 $5,1x10^6$
Пределы $P_н$, Вт	0,12 100	0,1 1,0	0,12 2,0	0,12 2,0
Допуск ±, %	5 20	0,5 1,0	5 20	5 20
Максимальное рабочее напряжение, В	100 3000	500	200 750	3,5 700
Зависимость сопротивления от напряжения	Малая	Малая	Малая	Малая
Зависимость сопротивления от частоты	«	«	«	«
Уровень собственных шумов, мкВ/В	1 5	0,5	5	5
Стабильность	Высокая	Очень высокая	Высокая	Средняя
Надежность	«	Высокая	«	Высокая
Интервал рабочих температур, °С	–60 +125	–60 +100	–60 +155	–60 +300

Параметр	Композиционные			Проволочные ПВК ПМТ ПТ ПЭВ ПЭВР ПЭВТ
	лакопленочные типов КИМ КЛМ КВМ КЗВ	объемные с органи ческими связками типа ТВО С4-1	объемные с неорганиче скими связками типа ТВО С4-1	
$R_{ном}$, Ом	10 10^{12}	10 10^{7}	3 10^{6}	1 $0{,}5 \times 10^{6}$
Пределы $P_н$, Вт	0,05 40	0,25 0,5	0,25 60	0,25 150
Допуск ±, %	5 20	0,5 20	5 20	1 10
Максимальное рабочее напряжение, В	100 60000	250 350	100 2500	300 2800
Зависимость сопротивления от напряжения	Большая	Большая	Практически отсутствует	Практически отсутствует
Зависимость сопротивления от частоты	Средняя	Средняя	Малая до частоты 50 кГц	Определяется конструкцией обмотки
Уровень собственных шумов, мкВ/В	5 15	5	10	Низкий
Стабильность	Очень высокая	Средняя	Очень высокая	Очень высокая
Интервал рабочих температур, °С	80 +125	–60 +100	–60 +350	–60 +300

Если конденсатор подключен к источнику не непосредственно, а через резистор, то скорость этого процесса определяется так называемой *постоянной времени* RC-цепи

$\tau = R\,C$,

где время измеряется в секундах, если сопротивление брать в мегаомах, а емкость – в микрофарадах (что удобно на практике)

Постоянная времени показывает, через какое время с момента подключения к источнику полностью разряженного конденсатора напряжение на нем достигнет 63% от напряжения источника

Понятно, что главным требованием предъявляемым к резисторам времязадающих цепей, является их высокая стабильность и неизменность начальной величины в процессе долгосрочной эксплуатации

Этим требованиям удовлетворяют, в первую очередь бороуглеродистые резисторы типа БЛП, а также углеродистые типов ВС, ОВС, ВСЕ, УЛМ, УЛС, УЛИ, УНУ, ИВС и металлопленочные сплавные типов МЛТ, МТ, ОМЛТ, МУН, МГП Напротив, для этих цепей малопригодны резисторы с низкой стабильностью - например, композиционные лакопленочные типов КИМ, КЛМ, КВМ, КЭВ, а также объемные с неорганическими связками типов ТВО, С4-1

А вот пример другого рода Для того чтобы выровнять частотную характеристику одного из телевизионных каналов, понадобилось применить шунт к входному контуру в селекторе каналов телевизора Казалось бы, какая разница, какой тип выбрать? Между тем использование резисторов типов ВС, ОВС, ВСЕ, УЛМ, УЛИ, УНУ, ИВС, МЛТ, ОМЛТ, МТ, МУН, МГП, МОН, С2-7Е, С2-6, КОИ повышает уровень видимых шумов на экране в 10 раз, а типов КИМ, КЛМ, КВМ, КЭВ, ТВО, С4-1 – в 20–30 раз (!) по сравнению с единственным подходящим для этой цели резистором типа БЛП Тем более что этот тип обладает самой высокой стабильностью среди всех перечисленных типов При этом по внешнему виду резистор БЛП абсолютно ничем не отличается, к примеру, от резисторов ВС

В табл 1 приведены основные свойств резисторов в зависимости от материала проводящего слоя и технологии изготовления Выбрав по этой таблице наиболее подходящую к конкретному случаю группу, обратитесь к разд 5, где для каждой из групп перечислены наиболее распространенные типы с указанием их основных данных и параметров

До сих пор мы говорили о линейных резисторах, т е таких, у которых значение протекающего через них тока или приложенного к ним напряжения не изменяет сопротивление самого резистора Однако наряду с линейными, в современной схемотехнике широчайшее применение находят резисторы нелинейные, абсолютная величина которых не является постоянной, а зависит от того или иного внешнего фактора протекающего тока, приложенного напряжения, температуры окружающего воздуха интенсивности освещения или напряженности магнитного поля и т п

Эта группа резисторов появилась на свет много позже резисторов линейных и постоянно расширяется по мере того, как у конструкторов радио- и измерительной аппаратуры возникает потребность в таких элементах

Абсолютное большинство нелинейных резисторов предназначено для систем *автоматического регулирования* тех или иных параметров и выполняют функции либо непосредственно регулирующих элементов, либо значительно чаще, *датчиков* выдающих для регулирующих схем электрический сигнал, *пропорциональный степени изменения контролируемого параметра*

Сегодня конструктор располагает большим выбором нелинейных резисторов самого различного назначения, но, пожалуй, наиболее "старыми" и широко распространенными являются терморезисторы

Терморезисторы (или иначе – термисторы) – полупроводниковые резисторы с нелинейной вольтмперной характеристикой, отличительной особенностью которых является резко выраженная зависимость электрического сопротивления от температуры Существуют терморезисторы как с отрицательным, так и с положительным температурным козффициентом сопротивления (последние в отличие от термисторов называются *позисторами*)

Терморезисторы используют в системах дистанционного и централизованного измерения и регулирования температур, противопожарной сигнализации, теплового контроля и защиты машин и механизмов, в схемах температурной компенсации ряда элементов электрических цепей и контуров (в частности для термокомпенсации кварцевых резонаторов), для стабилизации режимов транзисторных каскадов, более других подверженных тепловому дрейфу, и множестве других управляющих и саморегулирующих систем

В отличие от обычных, линейных резисторов, терморезисторам присущи специфические параметры, по которым можно выбрать тип, необходимый для той или иной конкретной схемы Рассмотрим коротко зти основные параметры

Номинальное сопротивление $R_н$ – электрическое сопротивление, значение которого обозначено на корпусе резистора (или указано в документации), измеренное при температуре 20°С (для большинства резисторов общего типа) или при температуре 150°С (для высокотемпературных резисторов с рабочими температурами до 300°С)

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) характеризует обратимое процентное изменение абсолютной величины сопротивления при изменении окружающей температуры на 1 градус Цельсия (или Кельвина)

Максимально допустимая мощность рассеяния $P_{макс}$ – наибольшая мощность, которую терморезистор может рассеивать длительное время без необратимых изменений остальных параметров, при этом максимальная температура корпуса резистора не должна превышать предельно допустимую для данного типа

Коэффициент температурной чувствительности В определяет характер температурной зависимости данного типа терморезистора Этот параметр более известен как "постоянная В", зависящая исключительно от физических свойств полупроводникового материала, из которого изготовлен резистор

Постоянная времени τ характеризует тепловую инерционность Она равна времени, в течение которого корпус неподключенного к схеме резистора нагревается до температуры +63°С с момента перенесения его из воздушной среды с температурой 0 в воздушную среду с температурой 100°С

В настоящее время только отечественной промышленностью выпускается свыше ста разных типов терморезисторов, поэтому совершенно нереально дать конкретные рекомендации по выбору того или иного типа для данной конкретной схемы или конструкции Вместо этого в справочной части этой книги вы найдете указания на наиболее типичные области использования тех или иных резисторов

К нелинейным резисторам формально относят и фоторезисторы, хотя это не совсем правильно, поскольку зависимость их сопротивления от освещенности в рабочем диапазоне достаточно линейна

Фоторезисторы – схемные элементы, сопротивление которых зависит от освещенности их источником света видимого спектра и от яркости этого источника. Наиболее широкое применение фоторезисторы нашли в системах автомвтики (например автоматическое включение и выключение уличного освещения а зависимости от времени суток и от уровня рассеянной освещенности при разных погодных условиях). Автору этой книги известен пример использования фоторезисторов в промышленных телевизорах модели "Темп-4", где фоторезистор, установленный на передней панели рядом с кинескопом, "оценивал" уровень освещенности экрана кинескопа и в зависимости от этого автоматически регулировал яркость и контрастность изображения.

Магниторезисторы – полупроводниковые резисторы с резко выраженной зависимостью электрического сопротивления от величины магнитного поля. Их действие основано на использоаании магниторезистивного эффекта, приводящего к изменению активного сопротивления резистора при внесении его в магнитное поле или при изменении напряженности этого поля. Следовательно, изменяя напряженность магнитного поля или перемещая в этом поле сам резистор, можно изменять сопротивление резистора.

Магниторезисторы используют в регуляторах громкости высококачественной звуковоспроизводящей аппаратуры, в качестве датчиков угла поворота или линейных перемещений в специальных устройствах автоматики и т.п.

Основной характеристикой магниторезистора является зависимость его сопротивления от индукции воздействующего магнитного поля. Основной показатель для оценки свойств магниторезистора – отношение его сопротивления при воздействии магнитного поля с определенным значением индукции (обычно 0,5 или 1 Т) к сопротивлению вне магнитного поля.

Несколько обособленное место среди нелинейных резисторов занимают варисторы.

Варисторы – это полупроводниковые резисторы с резко аыраженной зависимостью их электрического сопротивления от приложенного к ним напряжения. Как правило, увеличение приложенного напряжения до некоторого критического предела или совсем не изменяет сопротивление варистора, или изменяет его незначительно. А при больших напряжениях сопротивление резистора резко уменьшается, как бы шунтируя цепь, к которой он подключен.

Это свойство варисторов позволяет использовать их как прямое средство защиты злектрических цепей от нежелательных случайных (или неизбежных) перенапряжений. Например, варистор, подключенный к первичной обмотке выходного трансформатора кадровой развертки телевизора, предохраняет эту обмотку от пробоя отрицательным импульсом "обратного хода".

Варисторы находят широчайшее применение в схемах стабилизации и защиты от перенапряжений, преобразования частоты и напряжения, для регулирования усиления в системах автоматики, различных измерительных устройствах, источниках вторичного питания, в телевизионных приемниках, для подстройки частоты гетеродинов, в генераторах переменного и импульсного пилообразного напряжения, в устройствах размагничивания масок цветных кинескопов и т.п.

Как и другие нелинейные резисторы, варисторы характеризуются специфическими параметрами, среди которых основными являются следующие.

Классификационное напряжение $U_{кл}$ – условный параметр, показывающий значение постоянного напряжения на варисторе при заданном значении классификационного тока.

Классификационный ток $I_{кл}$ – постоянный ток, при котором определяется классификационное напряжение (оговаривается в технических условиях и в паспортных данных на аристор данного вида).

Коэффициент нелинейности β – отношение статического сопротивления в данной точке вольт-амперной характеристики к динамическому сопротивлению в той же точке.

Немаловажной функцией обычных линейных резисторов в последние годы (а может и десятилетия) стала функция защиты полупроводниковых диодных выпрямителей от пробоя в момент включения. Чтобы понять, в чем смысл этой функции, нужно представить себе физику процессов, происходящих в момент включения диодного выпрямителя, работающего на П-образный фильтр с большой емкостью входного конденсатора.

Допустим, что выпрямитель рассчитан на номинальную мощность 100 Вт при выпрямленном напряжении 300 В. Это значит, что нормальный рабочий ток в установившемся режиме будет равен 0,3 А. В соответствии с этими расчетами и выбирают тип выпрямительного диода (как правило, с необходимым запасом). Предположим, что выбранный диод допускает обратное приложенное напряжение 400 В и кратковременный импульс тока до 10 А, имея при этом собственное внутреннее сопротивление около 5 Ом. В установившемся режиме ни обратное напряжение, ни номинальный ток не являются предельными для данного диода.

Однако картина резко меняется в первый момент включения. Дело в том, что незаряженный конденсатор фильтра, на который непосредственно нагружен диод выпрямителя, в момент включения представляет собой полноценное короткое замыкание, продолжительность которого при сегодняшних очень больших значениях емкости оксидных (электролитических) конденсаторов фильтра может достигать нескольких секунд, пока конденсатор не зарядится до напряжения, имеющегося на выходе выпрямителя.

Это означает, что в момент включения все напряжение аыпрямителя оказывается приложено к самому выпрямительному диоду, сопротиаление которого мы приняли рааным 5 Ом. Но тогда по закону Ома через диод потечет ток

$$I_{к\,з} = \frac{U_{выпр}}{R_{диода}} = \frac{300}{5} = 60\ А$$

Естественно, что диод будет немедленно пробит. Чтобы предотвратить это, между выходом выпрямителя и первым конденсатором фильтра включают ограничительный противоимпульсный резистор, ограничивающий максимальный ток в цепи величиной, не превышающей допустимое импульсное значение тока для выбранного диода.

Сопротивление этого резистора можно подсчитать по той же формуле, задав заранее предельное значение тока (в нашем случае 10 А.)

$$R_{доп} = \frac{U_{выпр}}{I_{макс}} = \frac{300}{10} = 30\ Ом$$

Заметим, что обеспечивая надежную защиту диодов от первоначального броска тока, зтот резистор практически не нарушает работу самого выпрямителя, поскольку в установившемся режиме при токе 0,3 А на нем будет падать всего 9 В из 300, что не существенно. Кроме того, можно предусмотреть величину выпрямленного напряжения не 300, а 309 В.

Такие защитно-ограничительные резисторы применялись почти во всех моделях отечественных ламповых телевизоров с мостовыми диодными выпрямителями.

Обратим внимание на одну любопытную деталь: как вы думаете, какая мощность рассеивается на этом резисторе в самый первый момент включения? 1Вт? 10 Вт? А может даже 100 Вт? Это нетрудно вычислить:

$P_{расс} = I^2\ R = 100 \cdot 30 = 3000$ Вт!!!

Так что же, неужели нужно применять резистор с мощностью рассеяния 3 кВт? Ничего подобного. Дело в том, что такая мощность действительно имеет место, но только в первые доли секунды, после чего она стремительно падает до установившегося значения (в нашем случае – до 2,7 Вт). А за доли секунды обычный проволочный резистор просто не успеет сгореть. Заметьте, проволочный! Любой другой может и успеть, а проволочный – нет. Вот поэтому в качестве защитных резисторов всегда применяют только проволочные резисторы соответствующей мощности. В нашем случае 5 Вт – как и положено, с двойным запасом.

Говоря о функциональном назначении резисторов, мы упоминали регулировочные (настроечные) и установочные (подстроечные) переменные резисторы. Но поскольку до сих пор речь шла о постоянных резисторах, не станем нарушать этот порядок, а о переменных резисторах поговорим чуть позже, в разделе "Классификация резисторов по конструктивному исполнению". А сейчас рассмотрим более подробно следующую очень важную тему.

5. Классификация резисторов по используемым материалам и технологии изготовления

В зависимости от материала токопроводящего слоя и от технологии изготовления зависят как общие (стандартные) характеристики резистора, так и его особые, специфические свойства, которые в основном и определяют область использования данного типа. Чтобы читатель подходил к выбору типа резистора осознанно и целенаправленно, в этом разделе дана краткая характеристика каждого вида наиболее распространенных резисторов с расшифровкой их названий. Что же касается подробных технических характеристик этих резисторов, то они приведены в соответствующих таблицах. Итак,

РЕЗИСТОРЫ ПОСТОЯННЫЕ УГЛЕРОДИСТЫЕ И БОРОУГЛЕРОДИСТЫЕ

В углеродистых резисторах проводящим слоем является пленка пиролитического углерода. Эти резисторы имеют высокую стабильность параметров, небольшой отрицательный температурный коэффициент сопротивления (ТКС), они стойки к импульсным нагрузкам.

Бороуглеродистые резисторы отличаются тем, что содержат в проводящем слое небольшую добавку бора, что позволяет уменьшить ТКС. Резисторы выпускаются нескольких типов, названия которых расшифровываются следующим образом:

ВС – высокой стабильности;

ОВС – повышенной надежности;

ВСЕ – с осевыми выводами;
УЛМ – углеродистые лакированные малогабаритные;
УЛС – углеродистые лакированные специальные;
УЛИ – углеродистые лакированные измерительные;
УНУ – углеродистые незащищенные ультравысокочастотные стержневые;
УНУ-Ш – углеродистые незащищенные ультравысокочастотные шайбовые;
ИВС – импульсные высокостабильные;
БЛП – бороуглеродистые лакированные прецизионные (с самым низким уровнем собственных шумов – не более 0,5 мкВ/В).

РЕЗИСТОРЫ ПОСТОЯННЫЕ МЕТАЛЛОПЛЕНОЧНЫЕ И МЕТАЛЛООКИСНЫЕ

Проводящим злементом у резисторов зтого вида является пленка сплава или окиси металла. Они имеют малый уровень шумов (не более 5мкВ/В), хорошую частотную характеристику, стойки к температурным изменениям. Температурный коэффициент сопротивления у этих резисторов может быть как положительным, так и отрицательным. Вот их основные типы:
МЛТ – металлопленочные лакированные теплостойкие;
ОМЛТ – повышенной надежности;
МТ – металлопленочные теплостойкие;
МУН – металлопленочные ультравысокочастотные незащищенные;
МГП – металлопленочные герметизированные прецизионные;
МОУ – металлопленочные ультравысокочастотные;
МОН – металлоокисные низкоомные (дополняют шкалу номиналов резисторов МЛТ);
С2-6 – металлоокисные;
С2-7Е – металлоокисные низкоомные (дополняют шкалу номиналов резисторов МТ).

РЕЗИСТОРЫ ПОСТОЯННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ

Токопроводящий слой композиционных резисторов представляет собой соединение графита или сажи с органической или неорганической связкой. Такие соединения позволяют получить проводящие элементы любой формы в виде массивного тела или пленки, нанесенной на изоляционное основание. Резисторы обладают высокой надежностью.

К недостаткам композиционных резисторов относятся зависимость сопротивления от приложенного напряжения, заметное старение, относительно высокий уровень собственных шумов, а также зависимость сопротивления от частоты. Резисторы выпускаются следующих типов:

композиционные объемные

С4-1 – повышенной теплостойкости на неорганической связке;
ТВО – теплостойкие, влагостойкие, объемные с неорганической связкой;
КОИ – с органической связкой;

композиционные пленочные

КИМ – композиционные изолированные для малогабаритной аппаратуры;
КЛМ – композиционные лакированные малогабаритные;
КВМ – композиционные вакуумные (в стеклянном баллоне);
КЭВ – композиционные экранированные высоковольтные.

Проводящим элементом резисторов служит проволокв или микропроволока, намотанная на керамическое основание. Резисторы выпускаются следующих типов:

ПКВ – на керамическом основании, влагостойкие, многослойные группы I и II (резисторы группы II предназначены для работы в условиях сухих и влажных тропиков) ПТМН – многослойные нихромовые малогабаритные;

ПТМК – многослойные константановые малогабаритные

ПТ – проволочные точные;

ПЭ – эмалированные трубчатые невлагостойкие;

ПЭВ – эмалированные трубчатые влагостойкие;

ПЭВР – эмалированные трубчатые влагостойкие регулируемые;

ОПЭВЕ – повышенной надежности и долговечности;

ПЭВТ – термостойкие влагостойкие (тропические);

Все проволочные резисторы рекомендуется использовать в цепях постоянного и переменного тока с частотой не еыше 50 Гц.

Здесь будет уместно внести некоторую ясность в вопрос об обозначении типов резисторов. Дело в том, что сегодня радиолюбитель, приобретая резисторы, может столкнуться с двумя системами обозначений типов (не путайте с маркировкой номинала и допуска, о которой дальше будет особый разговор). Одна из них более старая, другая – новая, действующая сегодня. Маркировка по новой системе расшифрована в табл. 2.

В старой системе первый элемент обозначался по иному: С – резисторы постоянные; СП – рвзисторы переменные; СТ – терморезисторы; СН – варисторы. Второй элемент, как и в новой системе, был цифровой, но с более подробной детализацией по виду материала резистивного элемента (1 – углеродистые и бороуглеродистые, 2 – металлодиэлектрические и металлоокисные, 3 – композиционные пленочные, 4 – композиционные объемные, 5 – проволочные).

Т а б л и ц а 2. **Система условных обозначений отечественных резисторов**

Элемент			Пример обозначения
первый	второй	третий	
Р – резисторы постоянные РП – резисторы переменные	1 – непроволочные 2 – проволочные металлофольговые	Порядковый номер разработки конкретного типа резистора	Р1-26 – постоянный непроволочный с номером разработки 26
ТР – терморезисторы с отрицательным ТКС ТРП – терморезисторы с положительным ТКС	Полупроводниковые материалы не обозначаются	Порядковый номер разработки резистора	ТР-7 – терморезистор с отрицательным ТКС с порядковым номером рвзработки 7
ВР – варисторы постоянные ВРП – варисторы переменные	То же	То же	ВРП-14 – варистор переменный с порядковым номером рвзработки 14

Одновременно с этими двумя существует и еще более ранняя – буквенная система, в соответствии с которой маркировано абсолютное большинство резисторов, устанавлиеавшихся в отечественной радиоаппарвтуре выпуска 70–80-х годов.

Поскольку объем книги не позволяет подробно расшифроеать маркировку более чем трехсот выпускаемых сегодня типов резисторов, дв еще по трем рвзным системам, ограничимся тем, что обратим внимание читателей на следующее. При приобретении резисторов необходимо очень енимательно относиться к выбору их типа, исходя не из внешнего вида (особенно резисторов зарубежного производства!), а из особых свойств, определяемых функцией этого рвзистора.

Существенную помощь при таком подходе может оказать приведенный выше перечень основных свойств различных групп резисторов в зависимости от материала проводящего слоя и технологии их изготовления.

6. Классификация резисторов по диапазону выпускаемых номиналов

Рассматриваемое здесь деление на некоторые группы весьма условно и в нашей стране не стандартизовано, тем не менее, разные группы довольно существенно отличаются друг от друга, а для резисторов зарубежного производства такое деление узаконено, и резисторы разных групп имеют соответствующую маркировку.

Для отечественных резисторов можно установить условные границы по крайней мере для трех таких групп. "Стандартная", наиболее распространенная для большинства постоянных непроволочных резисторов шкала номиналов лежит в пределах от 1...10 Ом до 5...10 МОм. Исключением из этого ряда являются "высокочастотные" резисторы (например, типов С2-10, С2-34, С6-4, С6-9), для которых верхняя граница значений не превышает 10 кОм, а также высокостабильные малошумящие резисторы типов БЛП и БЛПа со шкалой сопротиелений от 1 Ом до 100 кОм.

Два типа низкоомных резисторов – МОН и С2-7-Е, имеющие шкалу сопротивлений от 1 Ом и 8,2...22 Ом, дополняют (расширяют) в меньшую сторону шкалы резисторов МЛТ и МТ соответственно.

К группе высокомегаомных относятся резисторы типов КВМ (композиционные вакуумные в стеклянном баллоне) и С3-14. Резисторы С3-14 имеют шкалу сопротивлений от 1 МОм до 100 ГОм с допусками 0,5; 10 и 20%, а резисторы КВМ – от 15 МОм до 1000 ГОм (или до 1 ТОм) с допусками 2, 5, 10 и 20%.

Большинство постоянных проволочных резисторов широкого применения укладываются в шкалу сопротивлений от единиц ом до десятков (реже – сотен) килоом, однако и здесь есть исключения как в одну, так и в другую сторону. Например, резисторы типа С5-43 выпускаются сопротивлением от 0,068 до 1,0 Ом при номинальной мощности рассеяния от 10 до 100 Вт, а резисторы типа С5-16 - от 0,1 до 10 Ом с допусками 0,5; 1; 2; 5 и 10% и номинальной мощностью рассеяния от 1 до 16 Вт.

В то же время прецизионные проволочные резисторы типа С5-53в имеют (в зависимости от мощности рассеяния) шкалу сопротивлений от 1 Ом до 20 МОм (!) с допусками 0,05; 0,1; 0,2; 0.5 и 1%.

Впрочем, многие резисторы зарубежного производства имеют более широкий диапазон абсолютных значений. Так, резисторы типа RU выпускаются сопротивлением от 0,007 до 0,5 Ом, а резисторы типа VCS-103 – сопротивлением от 0,005 до 0,25 Ом.

По точности номинала, т. е. по максимально допустимому отклонению фактического значения сопротивления от обозначенного (во всем диапазоне рабочих температур с учетом величины ТКС) резисторы условно делятся на обычные, точные и особо точные (прецизионные). К обычным относят (условно!) резисторы с разбросом сопротивления ±20, 10 и 5% от обозначенного номинала. Точные резисторы (также условно) имеют разброс в пределах 5...1%. Более точные фактические значения имеют прецизионные (особо точные) резисторы, для которых предельное отклонение от обозначенного номинала может составлять ±0,5; 0,2; 0,1 и даже 0,05%.

Такие резисторы (например, отечественные типов С5-5, С5-16, С5-33в – проволочные и С2-29в, С2-36, С2-14 – непроволочные) в бытовой аппаратуре широкого применения, а тем более – в радиолюбительской, применяются крайне редко, прежде всего, из-за их относительно высокой стоимости, но, главное, – из-за отсутствия потребности в такой степени точности для работы абсолютного большинства функциональных узлов бытовой радиоэлектронной аппаратуры.

Для отечественных резисторов до недавнего времени не существовало особого кода для обозначения допусков, равно как и несимметричных значений предельных отклонений. Допуск в цифровой и цифробуквенной системах маркировки указывали на корпусе резистора наряду с номинальным значением и мощностью рассеяния (в цветовой маркировке допуск обозначается отдельным цветным пояском либо его отсутствием).

Для резисторов зарубежного производства, напротив, такой код существует (он приведен в табл. 3) и на корпусе резистора указывают только одну букву этого кода.

Еще одна немаловажная характеристика резистора – это абсолютная величина его сопротивления. Все радиолюбители, включая начинающих, отлично знают, что есть резисторы с сопротивлением 4,7 кОм, 5,1 кОм, 5,6 кОм или 6,8 кОм, но многие никогда не видели и даже не подозревают о существовании резисторов с номиналами 4,81 кОм, 5,23 кОм, 5,83 кОм или 6,98 кОм. Между тем резисторы с такими номинальными значениями существуют и выпускаются промышленностью. Просто радиолюбителям нет нужды использовать резисторы именно такой экзотической величины, а потому их невозможно (или очень трудно) купить.

Таблица 3. **Кодовые обозначения допусков зарубежных резисторов**

Симметричные допуски				Несимметричные допуски	
допуск, %	код	допуск, %	код	допуск, %	код
±0,1	B	±50	J	–10...+30	Q
±0,25	C	±10,0	K	–10...+50	T
±0,5	D	±20,0	M	–20...+50	S
±1,0	F	±30,0	N	–20...+80	Z
±2,0	G				

Таблица 4. **Ряды номинальных значений резисторов**

E6	E12	E24	E48	E96	E192	E6	E12	E24	E48	E96	E192
100	100	100	100	100	100					324	324
					101	330	330	330			328
				102	102				332	332	332
					104						336
			105	105	105					340	340
					106						344
				107	107				348	348	348
					109						352
		110	110	110	110					357	357
					111			360			361
				113	113				365	365	365
					114						370
			115	115	115					374	374
					117						379
				118	118				383	383	383
	120	120			120						388
			121	121	121		390	390		390	392
					123						397
				124	124				402	402	402
					126						407
			127	127	127					412	412
					129						417
		130		130	130				422	422	422
					132			430			427
			133	133	133					432	432
					135						437
				137	137				442	442	442
					138						448
			140	140	140					453	453
					142						459
				143	143				464	464	464
					145	470	470	470			470
			147	147	147					475	475
					149						461
150	150	150		150	150				487	487	467
					152						493
			154	154	154					499	499
					156						505
				158	158			511	511	511	511
		160			160						517
			162	162	162					523	523
					164						530
				165	165				536	536	536
					167						542
			169	169	169					549	549
					172						556
				174	174		560	560	562	562	562
					176						569
			178	178	178					576	576
	180	180			180						563
				182	182				590	590	590
					184						597
			187	187	187					604	604
					189						612
				191	191			620	619	619	619

E6	E12	E24	E48	E96	E192	E6	E12	E24	E48	E96	E192
					193						626
			196	196	196					634	634
					198						642
		200		200	200				649	649	649
					203						657
			205	205	205					665	665
					208						673
				210	210	680	680	680	681	681	681
					213						690
			215	215	215					698	698
220	220	220			218						706
				221	221				715	715	715
					223						723
			226	226	226					732	732
					229						741
				232	232			750	750	750	750
					234						759
			237	237	237					768	768
		240			240						777
				243	243				787	787	787
					246						796
			249	249	249					806	806
					252		820	820			816
				255	255				825	825	825
					258						835
			261	261	261					845	845
					264						856
	270	270		267	267				866	866	866
					271						876
			274	274	274					887	887
					277						898
				280	280			910	909	909	909
					284						920
			287	287	287					931	931
					291						942
				294	294				953	953	953
					298						965
		300	301	301	301					976	976
					305						988
				309	309						
					312						
			316	316	316						
					320						

Напрашивается вопрос: а почему возникла потребность в таких явно нестандартных величинах? Не проще ли было и для производителей, и для потребителей, если бы номиналы резисторов были более простыми – например, 4 кОм, 4,5 кОм, 5 кОм, 6 кОм?

Ответ на этот вопрос кроется в связи абсолютной величины сопротивления резистора с максимально допустимым отклонением от этого значения как в большую, так и в меньшую стороны. Не секрет, что изготовить резистор абсолютно точно (как принято говорить – с нулевым отклонением) при поточном производстве невозможно даже теоретически. Всегда, во всех случаях без

исключения, фактическое значение сопротивления будет на какую-то долю отличаться от обозначенной. Но вот вопрос: а на какую именно?

Ранее мы установили, что промышленностью выпускаются резисторы с допустимыми отклонениями от среднего (номинального) значения от ±0,05 до ±20%. В качестве исходной посылки при определении шкалы номиналов было принято, что первым (начальным) значением этой шкалы будет единица. Вторая посылка состояла в том, чтобы плюсовой допуск одного номинала перекрывал минусовой допуск следующего, большего номинала.

Поскольку по стандарту были установлены шесть групп точности, пришлось установить и шесть разных рядов номиналов. Это понятно, потому что чем меньше допуск, тем ближе стоят друг к другу соседние номиналы и, следовательно, тем больше число этих номиналов в полной шкале. Поэтому стандартами всех стран (включая и Россию) были установлены шесть рядов, которые обозначаются как Е6, Е12, Е24, Е48, Е96 и Е192.

Цифра после буквы Е указывает, сколько номиналов в *одной декаде* (т. е. от 1 до 10 или от 10 до 100, или от 100 до 1000, или, наконец, от 0,1 до 1,0) предусмотрено в полной шкале для резисторов с заданным допустимым отклонением.

В табл. 4 приведены все допустимые варианты значений для каждой из шести групп. Выбрав из таблицы *любое* число и поставив запятую либо перед числом либо между двумя соседними цифрами вы можете узнать, какие номиналы предусмотрены стандартом *для данного ряда* резисторов. Например, взяв число 649, можно быть уверенным, что резисторы сопротивлением 6,49 Ом, 64,9 кОм, 649 кОм или 6,49 МОм с допусками 0,05; 0,1 и 0,2% предусмотрены стандартом и должны выпускаться промышленностью в соответствии с установленными рядами Е48, Е96 и Е192. В то же время среди рядов Е6, Е12 и Е24 резисторов с такими сочетаниями цифр быть не может.

7. Классификация резисторов по электрическим параметрам

По значению номинальной мощности все резисторы можно разделить (весьма условно) на три группы: маломощные, средней мощности и мощные. Первые две группы широко используются практически во всех видах бытовой электро- и радиоаппаратуры. Мощные резисторы применяются довольно редко, чаще всего – в устройствах и приборах промышленного назначенияи.

В нашей стране к группе маломощных относят резисторы с номинальными значениями допустимой мощности рассеяния 0,01; 0,025; 0,05; 0,062; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 и 2,0 Вт, причем первые три значения изготавливаются промышленностью только по специальным заказам.

К группе средней мощности можно условно отнести резисторы с допустимой мощностью рассеяния 3, 4, 5, 8, 10, 16 и 25 Вт, а к группе мощных – резисторы мощностью в 40, 63, 80, 100, 250 и 500 Вт. Промышленность выпускает и более мощные резисторы – мощностью в несколько киловатт, используемые в силовой электротехнике, на электротранспорте, в электроплавильных печах, но эти две последние группы в бытовой электро- и радиоаппаратуре, как правило, не применяются, поэтому здесь мы о них говорить не будем.

Шкала номинальных мощностей для резисторов зарубежного производства несколько отличается от отечественной. Можно встретить номиналы 0,063; 0,1; 0,125; 0,14; 0,21; 0,22; 0,31; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,61; 0,7; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 Вт.

Под номинальной мощностью резистора понимается наибольшая мощность, которую резистор может рассеивать в виде тепла в заданных условиях при непрерывной работе в течение всего гарантированного срока службы при сохранении остальных лараметров в заданных пределах

Обычно для каждого конкретного типа резистора в документации приводят график зависимости предельно допустимой мощности рассеяния от температуры окружающей среды

Следующий важнейший электрический параметр любого резистора его ТКС Так называется величина, характеризующая относительное изменение сопротивления при изменении окружающей температуры на 1 градус Цельсия (или Кельвина) Температурный коэффициент сопротивления характеризует обратимое изменение резистивного элемента вследствие изменения температуры окружающей среды или изменения электрической нагрузки, приводящего к изменению температуры тела самого резистора

Чем меньше ТКС, тем лучшей температурной стабильностью обладает резистор Значения ТКС для резисторов общего применения находятся в пределах 0,001 0,2% на каждый градус изменения температуры, а для прецизионных резисторов – 0,0001 0,01%

У резисторов зарубежного производства ТКС оценивают по особому параметру - ppm, что означает миллионную долю номинального значения резистора, изменяющуюся при изменении температуры на 1°С Для резисторов разного типа ТКС может быть как положительным, так и отрицательным

По диапазону рабочих температур специального деления резисторов на группы не существует и большинство типов нормально функционирует в диапазоне от –25 –60 до +125 +155°С Хотя есть и специальные, "огнестойкие", резисторы (чаще всего в особом керамическом исполнении), для которых верхний предел рабочей температуры составляет 250 300°С

Примерами отечественных высокотемпературных резисторов могут служить терморезисторы типа КМТ-14 с рабочим диапазоном –10 +300°С или СТ1-18 и СТ1-19 (–60 +300°С)

Среди резисторов общего применения производства европейских фирм встречаются и такие, которые допускают работу и при температуре до +425°С (например, типа SXA-0933), однако при температурах выше 350°С фактическая мощность рассеяния на таких резисторах не должна превышать 20% номинальной

В радиолюбительских конструкциях температуры свыше 100 120°С наблюдаются крайне редко, поэтому необходимость в особом отборе именно по этому параметру обычно отсутствует

Иное дело – предельно допустимое значение приложенного к резистору напряжения Сразу следует сказать, что никакого отношения к закону Ома этот параметр не имеет и не зависит напрямую ни от номинала резистора, ни от его мощности ни от протекающего через него тока Это предельное напряжение зависит исключительно от геометрических размеров резистора, его конструкции, материала резиста, и свойств защитного покрытия

Наиболее существенное значение этот показатель имеет в цепях с высокими (порядка килоаольт) постоянными и синусоидальными но особенно – импульсными напряжениями Превышение предельно допустимого напряжения, как правило, приводит к поаерхностному "коронному" или дуговому замы-

канию торцов резистора и, как следстаие, – к прожиганию по его поверхности короткозамыкающего канала

Иногда (и это особенно характерно для резисторов со спиральной нарезкой проводящего слоя) пробой и замыкание происходит не по всему телу резистора, а между соседними канавками, что приводит к обрыву токопроводящей спирали Особенно часто это наблюдается у резисторов типа МЛТ и ВС, работающих в тяжелых, близких к предельным рабочих режимах

Анализируя справочные таблицы можно подумать, что значение предельно допустимого рабочего напряжения напрямую связано с номинальной мощностью резистора Вот, к примеру, как это выглядит для наиболее распространенных резисторов типа МЛТ (здесь через дробь указаны значения постоянного или синусоидального переменного и импульсного напряжений)

МЛТ-0,125 – 200/350 В,
МЛТ-0,25 – 250/450 В,
МЛТ-0,5 – 350/750 В,
МЛТ-1 – 500/1000 В,
МЛТ-2 – 700/1200 В

На самом деле, как мы уже сказали, мощность здесь ни при чем, а значение напряжения определяется исключительно геометрией резистора (в основном его длиной) Именно поэтому специальные "высоковольтные" резисторы всегда делают удлиненной формы

Среди отечественных резисторов "чемпионами" по допускаемому приложенному напряжению можно считать композиционные пленочные типа КЭВ, допускающие в зависимости от размеров максимальное постоянное или переменное напряжение от 10 000 до 60 000 В Характерно при этом, что длина тела такого резистора (например, КЭВ-5) составляет 145 мм при диаметре всего в 11 мм

В заключение отметим, что возникновение поверхностного пробоя очень часто провоцируется оседанием на тело резистора слоя пыли или конденсацией пылевидного слоя воды при резких изменениях окружающей температуры

Еще один важный электрический параметр – уровень собственных шумов резистора И хотя для большинства цепей радиоаппаратуры он не имеет сущестаенного значения (а чаще всего вообще не влияет на ее показатели), есть ряд схем и узлов, для которых этот параметр является едва ли не самым главным Можно было бы сразу перечислить такие схемы и узлы, но мы хотим, чтобы читатель вначале понял физический смысл этого параметра

Из школьного курса физики известно, что в любом проводнике всегда (кроме случая абсолютного нуля температуры по шкале Кельвина) существует хаотичное, неупорядоченное движение "свободных" электронов А поскольку это движение не упорядочено, то теоретически (и это подтверждает практика) в любой момент существует преобладающее движение электронов в одном направлении

Впрочем, в следующее мгновение это направление может непредсказуемо поменяться, скажем, на противоположное В результате через проводник (а им является и любой резистор) будет протекать электрический ток, периодически (а точнее – как раз не периодически) меняющий свое направление, т е переменный ток

По закону Ома этот переменный ток будет создавать на сопротивлении резистора падение переменного напряжения, которое по существу и является напряжением собственных шумов резистора.

Поскольку изменение направления хаотичного движения электронов ничем не регулируется (на то оно и хаотичное), частота этого тока также непрерывно и непредсказуемо изменяется, в результате в спектре создаваемого напряжения присутствуют очень многие частоты. Поэтому смесь этих разных частот в широком спектре физики называют белым шумом.

Заметим, что пока резистор никуда не включен и лежит на столе, уровень его собственного белого шума весьма невелик и мало зависит от параметров самого резистора (разве что от материала проводящего слоя, от которого зависит количество "свободных" электронов в массе резиста).

Однако картина существенно меняется при включении резистора в электрическую схему. Но поскольку именно этот случай и является единственно важным, для оценки уровня шумов включенного в схему резистора был установлен параметр, оценивающий соотношение между значением приложенного к резистору напряжения и соответствующим уровнем собственных шумов резистора.

Этот параметр оценивается в микровольтах (мкВ) собственных шумов на 1 В приложенного напряжения (мкВ/В). По этому показателю все отечественные резисторы делятся а две группы: А и Б. Для группы А максимально-допустимый уровень собственных шумов установлен 25 мкВ/В, а для группы Б – 45 мкВ/В.

Впрочем, это крайние предельно допустимые значения. На практике максимальные фактические значения этого параметра (кстати, гарантированного в технической документации) для отечественных резисторов существенно ниже и составляет для композиционных лакопленочных не более 15 мкВ/В, для композиционных объемных с неорганической связкой – не более 10 мкВ/В, для всех остальных типов (кроме бороуглеродистых типа БЛП) – не более 5 мкВ/В. Бороуглеродистые резисторы типа БЛП наименее "шумящие": уровень их собственных шумов не превышает 0,5 мкВ/В.

Вот теперь читатель без труда сможет догадаться, что в цепи оконечного каскада усилителя звуковой частоты, где уровень полезного сигнала звуковой частоты измеряется единицами (если не десятками) вольт, собственные шумы резистора, включенного в цепь прохождения этого сигнала, даже в теоретически наихудшем случае не могут превысить долей милливольта, что соответствует оценке общих собственных шумов всего устройства –60...–80 дБ.

Иное дело, если резистор включен в цепь управляющего электрода самого первого, входного каскада усилителя радиочастоты, где уровень полезного сигнала не только соизмерим, но нередко оказывается меньше уровня собственных шумов резистора. В этом случае оба сигнала – полезный и белый шум – на равных основаниях будут усиливаться всеми последующими усилительными каскадами, создааая на выходе аппарата характерный шум, особенно заметный при отсутствии полезного сигнала.

Поэтому, выбирая тип резистора для входных цепей и каскадов высокочувствительной радиоаппаратуры, параметр собственного шума резистора надо считать самым главным, определяющим.

Стабильность работы любого радиоаппарата (и вообще любой электронной аппаратуры) и уровень их надежности зависят от стабильности параметров и надежности работы входящих в их схемы резисторов, поэтому стандар-

тами всех стран-производителей радиокомпонентов эти два показателя обязательно регламентируются для любых типов резисторов.

Правда, показатели эти для отечественных и зарубежных резисторов отличаются не только количественно, но и по методике оценки, а также (что для нас особенно важно) по отражению этих параметров в технической документации и справочной литературе.

В отечественной справочной литературе для оценки обоих этих параметров (стабильность и надежность) установлены четыре весьма расплывчатые, с необозначенными границами категории: низкая, средняя, высокая и очень высокая. Для большинства отечественных резисторов эти оценки приведены в табл. 1.

Для зарубежных резисторов такая система оценки неприемлема: согласитесь, вряд ли найдутся желающие приобретать и использовать в своей аппаратуре резисторы, чьи стабильность и надежность в работе сами производители признают низкой. Поэтому за рубежом установлены четкие количественные показатели этих параметров.

Уровень надежности, к примеру, оценивается в процентах (а точнее – в его долях) отказов за 1000 ч непрерывной работы большой партии резисторов при крайних (максимальных) значениях всех его стандартизованных параметров (рассеиваемой мощности, приложенном напряжении, температуре, влажности, давлении и т.п.). По этому показателю все зарубежные резисторы делятся на четыре группы, обозначаемые в документации и на теле самого резистора одной латинской буквой:

M – число отказов не более 1%;
P – « « « 0,1%;
R – « « « 0,01%;
S – « « « 0,001%.

Этими же буквами характеризуется и стабильность параметров резистора во времени (так называемый показатель старения), который соотносится с отечественными оценками следующим образом:

M – средняя стабильность;
P – высокая стабильность;
R – очень высокая стабильность;
S (super) – сверхвысокая стабильность – для аппаратуры специального назначения.

В заключение этой темы приведем табл. 5, которая поможет читателю правильно сориентироваться при выборе типа резистора для той или иной конкретной схемы, узла, прибора.

До сих пор речь шла в основном о линейных резисторах, т. е. таких, которые подчиняются закону Ома и у которых соотношения между сопротивлением, приложенного напряжения и протекающим током во всем рабочем диапазоне связаны прямой или обратной *пропорциональной* зависимостью.

Между тем существует довольно большая группа *нелинейных* резисторов, для которых этот закон либо вообще не соблюдается, либо соблюдается только в некоторой части диапазона рабочих значений.

Как понимать – "...только в некоторой части..."? Проще всего это объяснить на примере. Включим последовательно варистор типа СН1-2-2 с классификационным напряжением 15 В и обычный линейный резистор, сопротивление которого точно равно сопротивлению "холодного", не включенного варистора.

Таблица 5. **Рекомендации по использованию отечественных резисторов в схемах**

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Тип или назначение функционального узла (схемы) радиоэлектронного прибора (устройства)</th><th colspan="4">Рекомендация</th></tr>
<tr><th>желательно</th><th>допустимо</th><th>нежелательно</th><th>недопустимо</th></tr>
<tr><td colspan="2">Входные цепи, все резисторы каскадов УВЧ, смесителей и гетеродинов радио и TV-тюнеров, шунты резонансных систем</td><td>Бороуглеродистые типов БЛП, БЛПа</td><td>Углеродистые типов ВС, ОВС, УЛМ, УЛС, УЛИ, УНУ, ИВС</td><td>МТ, МЛТ, ОМЛТ, МУН, МГП, С2-33, С2-14, С2-29В, С2-36, С2-6</td><td>КИМ, КЛМ, КВМ, КЭВ, ТВО, С4-1</td></tr>
<tr><td colspan="2">Системы отсчёта времени, таймеры, времязадающие, интегрирующие и дифференцирующие цепочки, фотоэкспонометры</td><td>Бороуглеродистые типов БЛП, БЛПа и проволочные С5-53В</td><td>ВС, ОВС, УЛМ, УЛС, УЛИ, УНУ, ИВС, МТ, МЛТ, ОМЛТ, МУН, МГП</td><td>МОН, С2-6, С2-7Е, С4-14, С2-29В, С2-36</td><td>КИМ, КЛМ, КВМ, КЭВ, ТВО, С4-1</td></tr>
<tr><td rowspan="6">При падении на резисторе постоянного или переменного напряжения</td><td>> 7 В</td><td colspan="2" rowspan="8">Для режимов, ограниченных максимальным напряжением или температурой, указаны только те типы резисторов, применение которых в этих (а также более тяжелых) режимах недопустимо Все остальные типы, кроме перечисленных, можно использовать без ограничения</td><td colspan="2">МОН-0,5, С2-7Е</td></tr>
<tr><td>> 15 В</td><td colspan="2">МОН-1, МОН-2, С1-7Е</td></tr>
<tr><td>> 100 В</td><td colspan="2">ВС-0,125; УЛМ-0,12; КИМ-0,05; КВМ</td></tr>
<tr><td>> 150 В</td><td colspan="2">ВСЕ-0,25</td></tr>
<tr><td>> 200 В</td><td colspan="2">УЛИ-0,1; ВСЕ-0,5 МТ-0,125 и 0,25; МЛТ-0,125; КИМ-Е; С2-6-0,125 и 0,25; КИМ-0,125</td></tr>
<tr><td>> 250 В</td><td colspan="2">ВСЕ-1, КОИ-0,25, МЛТ-0,25; МУН-0,5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">В цепях с импульсным напряжением любой формы</td><td>> 400 В</td><td colspan="2">ВС-0,125; УЛМ-0,12; УЛИ-0,1; МТ-0,125 и 0,25; МЛТ-0,125 и 0,5; МУН-0,5; С2-6 -0,125 и 0,5</td></tr>
<tr><td>> 700 В</td><td colspan="2">ВС-0,25; ВСЕ-0,25; УЛИ-0,5; МЛТ-0,5; МТ-0,5; МУН-1; С2-6-0,5; С4-1-0,25, ТВО-0,25</td></tr>
</table>

Окончание табл. 5

В цепях с импульсным напряжением любой формы	1…2 кВ	ВС-2, ТВО-5, ИВС-2, ИВС-5, С2-6-2, КОИ- 0,25 и 0,5	Любые другие типы резисторов в этих цепях использовать не рекомендуется		
	2…10 кВ	ВС-10, ИВС-2, ИВС-5, ТВО-10, С2-6-2			
	10…12 кВ	С2-6-2			
В аппаратуре, где главным является требование высокой надёжности		КИМ, КЛМ, КВМ, КЭВ, ТВО, С4-1, С4-2			Композиционные типа КОИ
В аппаратуре, где рабочая температура внутри прибора может достигать	+60°C	Любые типы ***линейных*** постоянных резисторов			СН-14
	+70°C				СН1-8, СН1-9, СН1-12, СН1-16, СТ10-1
	+85°C				СН2-2 (А-Д), а также все терморезисторы с отрицательным ТКС
	+100°C	МТ, МЛТ, ОМЛТ, МУН, МГП, СН1-6, СН1-10	СН1-1, СН1-2, СН2-1, СН2-2, СН1-11		БЛП, СТ9-1А, СТ1-17, СТ3-17, СТ4-17, СН1-8, СН1-9, СН1-12, СН1-14, СН1-16Б, СН2-2 (А-Д)
	+120°C	МОН, С2-6, С2-7Е, ТВО, С4-1, МЛТ, КИМ		СН1-6, СН1-10 только в крайнем случае	ВС, ОВС, ВСЕ, УЛМ, УЛС, УЛИ, УНУ, УВС, а также подавляющее большинство отечественных терморезисторов и все типы варисторов
	+150°C	ВСЕ, МТ, ТВО, ПЭВ, КМТ-1, КМТ-17В, СТ4-15, СТ4-16, СТ1-18, ПТ1–ПТ4, ТР1–ТР4			

Теперь подключим эту цепь к регулируемому источнику постоянного или переменного напряжения и будем постепенно увеличивать напряжение источника. При общем напряжении 10 В пять "упадет" на линейном резисторе и столько же – на варисторе. При напряжении 20 В оно также разделится поровну: по 10 В. на каждом резисторе. То же будет и при 30 В: по 15 В на каждом резисторе.

Но если теперь увеличить напряжение источника до 40 В, то окажется, что на линейном резисторе "упадет" не 20 В, как можно было ожидать, а 25 В, а на варисторе останется, как и было, 15 В. Это означает, что начиная с некоторого значения (а это и есть то самое классификационное напряжение, которое указывается в справочниках для варисторов) при увеличении тока в цепи напряжение на варисторе возрастать перестанет, либо будет возрастать крайне незначительно, и варистор на этом участке как бы перестает подчиняться закону Ома

Именно "...как бы...", потому что на самом деле закон Ома остается незыблем для *любых* электрических цепей – просто начиная с некоторого напряжения с увеличением тока в цепи начинает пропорционально уменьшаться сопротивление варистора, отчего падение напряжения на нем в некоторых пределах остается неизменным (или мало изменяющимся).

Помимо варисторов нелинейной характеристикой обладает и ряд других постоянных резисторов – терморезисторы, фоторезисторы, магниторезисторы. Для всех нелинейных резисторов кроме стандартных, обязательных параметров оговаривается дополнительный (или дополнительные), определяющий характер его нелинейности. Этот дополнительный параметр может быть выражен формулой, числовым коэффициентом, либо графически.

Для терморезисторов такими дополнительными параметрами являются коэффициент температурной чувствительности В, постоянная времени τ, для варисторов – классификационное напряжение, классификационный ток и коэффициент нелинейности.

Несколько иначе надо толковать понятие нелинейности характеристики для переменных резисторов. Такие резисторы являются линейными резисторами, т. е. их номинальное сопротивление (между крайними выводами) постоянно, неизменно и никак не зависит (и не меняется) ни от приложенного напряжения, ни от протекающего тока. Но токопроводящая дорожка таких резисторов на разных участках выполнена либо разной ширины, либо разной толщины, а потому имеет разное сопротивление. Вследствие этого при повороте оси токосъемника на одинаковые углы сопротивление изменяется не пропорционально углу поворота, а это означает, что и снимаемое с потенциометра напряжение не будет изменяться пропорционально углу поворота оси токосъемника, т. е. зависимость снимаемого напряжения от угла поворота оси будет явно нелинейной.

Потребность в "нелинейных" переменных резисторах объясняется желанием скомпенсировать реальную нелинейность характеристик других узлов и систем и таким образом сделать сквозную характеристику всего устройства в целом линейнозависящей от угла поворота данного резистора-регулятора.

Классическим примером такого использования "нелинейных" потенциометров является применение в качестве регулятора громкости в любых радиоаппаратах потенциометров с обратнологарифмической зависимостью изменения сопротивления от угла поворота оси.

Дело здесь в том, что кривая чувствительности человеческого уха (изменить которую мы не властны) носит логарифмический характер, а накладываясь друг на друга логарифмическая и обратнологарифмическая кривые дают в сумме прямую линейную зависимость. В результате слышимая нами громкость звука оказывается линейнозависящей от угла поворота оси регулятора громкости.

Для большинства переменных резисторов установлены три основные вида зависимости величины изменения сопротивления от угла поворота оси: линейная, обозначаемая на корпусе резистора буквой А, логарифмическая, обозначаемая буквой Б и обратнологарифмическая, обозначаемая буквой В. Эти три зависимости показаны на рис. 1.

Чтобы быть точными, надо оговорится, что промышленностью выпускаются по специальным заказам переменные резисторы с другими, специфическими кривыми зависимости, обозначаемые другими буквами, но в радиолюбительской практике применять такие потенциометры нет никакой необходимости, поэтому здесь мы их рассматривать не будем.

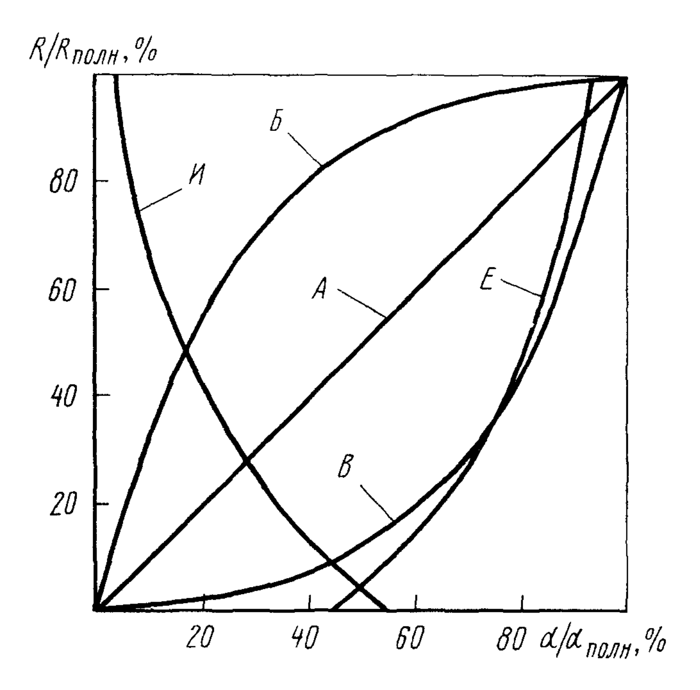


Рис. 1. Кривые зависимости изменения сопротивления резистора от угла поворота оси

8. Классификация резисторов по конструктивному исполнению

Деление резисторов на группы по конструктивному исполнению еще более условно, чем деление их на мощные, средней мощности и маломощные резисторы. Принято, что все резисторы делят на две большие группы – постоянные и переменные. Такое деление сложилось в те далекие времена, когда кроме действительно постоянных резисторов и реостатов (а чуть позже потенциометров) никаких других вариантов не существовало.

Между тем сегодня такое деление не вполне корректно, поскольку в общем семействе резисторов появились такие, которые постоянными назвать никак нельзя. Это в первую очередь большая группв полупроводниковых нелинейных резисторов – варисторов, термисторов, позисторов, фоторезисторов, магниторезисторов, основные параметры которых не только не являются постоянными, но меняются в очень широких пределах от различных *внешних воздействий*.

С другой стороны параметры любого "переменного" резистора остаются абсолютно постоянными, неизменными до тех пор, пока к его оси или движку не будет приложено *внешнее воздействие*.

Поэтому в данной книге вместо деления резисторов на постоянные и переменные будем применять более точные определения: резисторы *нерегулируемые* и резисторы *регулируемые*. Впрочем, читатель вправе понимать эти определения по-старому, общепринятому.

Но особую неопределенность в группировании резисторов по конструктивным признакам внесло появление нового вида изделий – наборов резисторов, представляющих собой комбинации нескольких отдельных резисторов в одном общем корпусе. Сегодня эти изделия составляют целый класс, внутри которого уже четко наметилось разделение на самостоятельные группы: простые наборы резисторов, наборы переменных рзистороров, комбинированные наборы резисторов, функциональные наборы – делители напряжения, декодирующие матрицы, регулируемые делители сигналов, оформленные конструктивно уже как стандартные микросхемы.

Уместным становится вопрос: а чем в принципе отличаются между собой (по конструктивному исполнению) обычный счетверенный потенциометр СП3-33-44 и точно такие же счетверенные наборы регулируемых резисторов типов НРП1-1 и НРК1-1, заключенные в один общий корпус?

К сожалению, на сегодня государственными стандартами не предусмотрено четкого разграничения между понятиями "постоянные резисторы", "переменные резисторы", "резисторные микромодули", "наборы резисторов", "резисторные сборки", "резисторные микросхемы". В этой ситуации любая попытка отнести тот или иной резистор к определенной группе по конструктивному признаку может оказаться некорректной, сомнительной и даже необъяснимой, как в приведенном выше примере со счетверенными потенциометрами.

Поэтому исключительно в пределах данной книги автор позволил себе сохранить традиционное деление обычных резисторов на постоянные (нерегулируемые) и переменные (регулируемые), а все виды комбинаций (наборов) резисторов - как постоянных, так и переменных, выделить в обособленную группу.

Рассмотрим группу нерегулируемых резисторов. С точки зрения конструктивного исполнения имеет смысл разделить их на две подгруппы: проволоч-

ные и непроволочные, поскольку именно различие в свойствах проводящего материала диктует свои специфические особенности в их конструкции.

Общим для всех нерегулируемых резисторов может служить один внешний признак: у них всегда и обязательно только два вывода. Исключением из этого правила можно считать лишь появившиеся в последние годы блоки и сборки из нескольких отдельных резисторов, у которых число выводов определяется числом отдельных резисторов в сборке и схемой их соединения.

Обязательной составной частью любого нерегулируемого резистора является *основание*, на которое наносится проводящий материал (резист) или наматывается проволока. Единственным исключением из этого правила могут быть (впрочем, не обязательно) толстослойные прессованные композиционные резисторы. Такими же обязательными являются два электрических вывода при помощи которых резистор подключается к схеме. Выводы могут быть проволочными, предназнвченными для впаивания в схему, контактно-штыревыми для установки в специальные панельки-держатели, металло-кольцевыми (по типу плавких предохранителей). Встречаются, хотя и редко (в основном среди зарубежных) специальные "бесконтактные" резисторы для установки на печатные платы по типу наших "клиновидных" конденсаторов.

По форме нерегулируемые резисторы бывают цилиндрическими, параллелепипедными, "таблеточными", дисковыми, шайбовыми, трубчатыми. Возможны и другие формы у резисторов, предназначенных для специального использования (например, резисторы-датчики внешних воздействий).

На рис.2 показан внешний вид различных модификаций нерегулируемых резисторов.

По способу защиты проводящего слоя от влияния окружающей среды нерегулируемые резисторы бывают незащищенные, покрытые огнестойкой краской, лакированные, опрессованные пластмассой, покрытые эмалью, керамикой, помещенные в стеклянный вакуумный или газонаполненный баллон и др. Нерегулируемые проволочные резисторы могут иметь поверх защитного покрытия специальные гофрированные ленточные радиаторы для эффективного конвекционного охлаждения.

К нерегулируемым формально относят проволочные резисторы, имеющие щелевидное освобождение в защитном эмалевом покрытии, которое делает доступным проволочную обмотку. Снаружи на тело такого резистора надевается кольцевой стопорящийся контактный вывод, позволяющий использовать резистор как установочный реостат с изменяемым сопротивлением.

И хотя наличие перемещаемого дополнительного контакта делает эти резисторы относящимися к регулируемым, на наш взгляд более правильно считать их нерегулируемыми, поскольку основное назначение ползунка не *регулирование*, а установка первоначального точного значения сопротивления, не предусмотренного шкалой номиналов (например, в цепи пусковой обмотки электродвигателя для точной установки сдвига фаз).

Намного разнообразней конструктивное исполнение регулируемых резисторов. Все их множество также целесообразно разделить на две большие подгруппы: регулировочные и установочные (иначе – подстроечные).

К регулировочным резисторам следует отнести те, чье основное назначение – оперативное регулирование (изменение) эксплуатационных (или "потребительских") параметров радиоаппаратуры: громкости и тембра звучания, уровня записи, установки стереобаланса в звукозаписывающей и звуковоспроизводящей аппаратуре; яркости, контрастности, цветовой насыщенности в телевизорах и т.п.

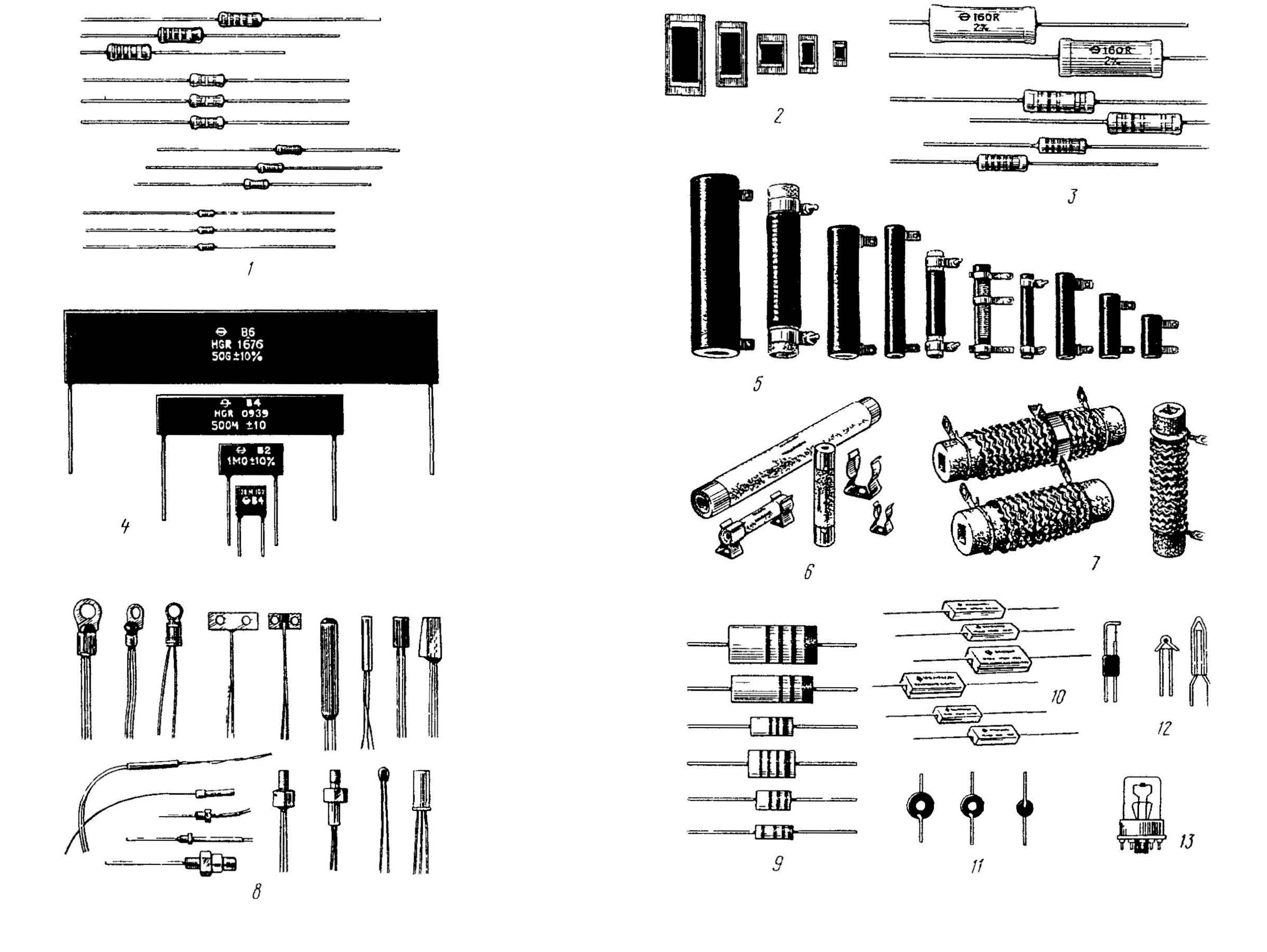


Рис 2 Внешний вид нерегулируемых (постоянных) резисторов

1 – цилиндрические с осевыми выводами лакированные, 2 – "таблеточные", 3 – с покрытием огнестойкой краской 4 – высокомегаомные на стеклянной подложке влагозащищеннные 5 – проволочные на трубчатом керамическом основании 6 – с кольцевыми контактными выводами 7 – с гофрированным ленточным радиатором 8 – различные резисторы-датчики 9 – опрессованные в пластмассу, 10 – цельнокерамические 11 – дисковые и шайбовые термисторы 12 – «бусинковые» термисторы 13 – в стеклянном вакуумном баллоне

Для этих целей практически всегда используются потенциометры с выводимой на лицевую панель аппарата осью необходимой длины или плоской пластиной (в случае "ползунковых" потенциометров) с декоративной ручкой управления.

Регулировочные резисторы по конструктивному исполнению могут быть одиночными, спаренными, сдвоенными, строенными и даже счетверенными (например, отечественные резисторы типа СП3-33) с одной общей или двумя (тремя) раздельными концентрическими осями управления. Они могут сочетаться с сетевым или иного назначения выключателем – в свою очередь однополюсным или многополюсным.

Каждый из перечисленных регулировочных резисторов может иметь один или несколько дополнительных фиксированных отводов для подключения, например, схем тонкомпенсации или для других целей. Кроме того, любой из них может иметь линейную или нелинейную зависимость изменения сопротивления от угла поворота оси (или степени перемещения ползунка).

Выводимый наружу конец оси может иметь (или не иметь) спиленную на 1/3 диаметра "лыску" для упора стопорного винта или крепящей пружины ручки управления, либо иметь глубокий продольный пропил для "пружинящего" удерживания руки управления из эластичных пластмасс. У потенциометров производства зарубежных фирм выводимый наружу конец оси может иметь продольную ребристую "накатку".

Все эти особенности, как правило, отражаются в полном наименовании потенциометра в технической и товаросопроводительной документации. Например, СП1-1-А-220 кОм ± 10% ОС-3-12 ГОСТ 5574-85 означает: резистор переменный, углеродистый, лакопленочный, с линейной зависимостью (кривая А) с осью "под шлиц" длиной 12 мм.

Если бы вместо "...ОС-3-12" было записано "...ОС-5-32" или "...ОС-5-60", то зто означало бы ось не под шлиц, а с лыской, длиной 32 или 60 мм соответственно.

Более подробную расшифровку всех элементов полного наименования резисторов в справочной литературе обычно не приводят, поскольку такая информация нужна в основном профессиональным конструкторам и редко требуется радиолюбителям.

Многие регулировочные потенциометры, предназначенные для оперативного управления, снабжены защитным экраном-кожухом, имеющим специальный вывод-лепесток. При монтаже этот вывод обязательно должен быть "заземлен" на шасси.

К подгруппе установочных (подстроечных) относятся потенциометры, основное функциональное назначение которых регулировка и подбор точных значений питающих постоянных напряжений на электродах активных радиокомпонентов и установка необходимых уровней полезных сигналов в различных участках схемы.

В недалеком прошлом, когда стоимость потенциометров во много раз превышала стоимость постоянных резисторов, установка необходимых питающих напряжений и уровней сигналов производилась путем подбора нужного сопротивления резистора в процессе регулировки и настройки аппарата. На принципиальной схеме рядом с номинальным сопротивлением резистора ставился специальный значок – "звездочка" (*), означавший, что фактическое сопротивление этого резистора может отличаться от указанного и при замене требует подбора.

Сегодня, при полностью автоматизированной и роботизированной сборке печатных плат, метод индивидуального подбора постоянных резисторов однозначно исключается, поэтому на месте таких особо критичных резисторов заранее монтируются установочные (или подстроечные) резисторы, конструкция которых предельно упрощена и чаще всего специально предназначена для печатного монтажа.

Впрочем, нередко в качестве подстроечных или устеновочных используют потенциометры, конструктивно выполненные как общерегулировочные. Они устанавливаются внутри аппарата на шасси и имеют, как правило, очень короткую (несколько миллиметров) выступающую ось с прорезью "под шлиц" для отвертки. Часто у них предусматривается разрезная муфта, стопорящая ось при помощи особой зажимной гайки после установки потенциометра в нужное положение.

Потенциометров, предназначенных для печатного монтажа, сегодня выпускается такое множество разновидностей и модификаций (особенно зарубежными фирмами), что невозможно их даже просто перечислить. Поэтому остановимся на некоторых особенностях, являющихся типичными и характерными для этого вида резисторов.

Первое и главное их отличие состоит в отсутствии какой-либо оси. Вращение подвижного элемента (токосъемника) производится либо стандартной плоской отверткой, вставляемой в сквозное щелевидное отверстие токосъемника, либо специальным приспособлением, имеющим в сечении профиль шестигранника, "звездочки", креста и т.п. Такие приспособления (по крайней мере для аппаратуры зарубежного производства) обычно входят в состав ЗИПа аппарата наряду с запасными предохранителями, штеккерами и проч.

Прецизионные установочные проволочные резисторы, а также специальные регулировочные резисторы для настройки на принимаемую станцию (или телевизионный канал) в УКВ и СВЧ тюнерах могут иметь в качестве регулирующего устройства червячную резьбовую передачу с очень большим коэффициентом замедления, позволяющим изменять сопротивление резистора на ничтожную величину при одном обороте оси "червяка".

Все подстроечные регулируемые резисторы для печатного монтажа по расположению выводов делятся на предназначенные либо для вертикальной, либо для горизонтальной установки на печатной плате. Первый вариант, как более ранний, выявил два существенные недостатка этого способа крепления. Во-первых, процесс регулировки неизбежно приводил к возникновению изгибающего усилия на выводные лепестки, что нередко приводило к отслоению или разрыву токопроводящих дорожек печатной платы. Во-вторых, при вертикальном расположении резистора доступ к регулировочной щели на токосъемнике оказывался затрудненным, а порой даже невозможным из-за близкого соседства крупногабаритных узлов и деталей (контурных катушек, электролитических конденсаторов, трансформаторов).

Поэтому сегодня абсолютное большинство подстроечных резисторов выпускается в "горизонтальном" исполнении, при котором оба указанные недостатка автоматически исключаются

Все "печатные" подстроечные резисторы могут иметь (или не иметь) пылезащитный кожух-крышку, как правило, – пластмассовую и свободно съемную.

Потенциометры, предназначенные для регулирования высоких напряжений, опасных для жизни, выпускаются только со специальным "высоковольтным" защитным кожухом, полностью исключающим случайное прикосновение к элементам, находящимся под высоким напряжением (например отечествен-

ный потенциометр типа СП3-29а). У таких потенциометров защитный пластмассовый кожух несъемный.

Помимо перечисленных, достаточно четко выраженных разновидностей резисторов, позволяющих отнести их к той или иной группе, существует немало специальных и как бы "гибридных" видов резисторов, которые очень сложно, а порой и невозможно, классифицировать однозначно.

Например, отечественный "переменный" варистор СН-1-14 ни по внешнему виду, ни по конструкции, ни по способу крепления не вписывается ни в какую подгруппу. С одной стороны, это типичный полупроводниковый нелинейный резистор, работающий в схеме как обычный варистор; с другой стороны, он имеет червячную передачу подвижного элемента как подстроечный резистор, но в то же время снабжен несъемной пластмассовой ручкой управления как оперативный регулировочный потенциометр.

Также весьма специфична конструкция магниторезисторов, которые по существующей классификации относятся к постоянным, однако по своей сущности являются переменными и успешно используются в качестве регуляторов громкости в аппаратуре высокого класса и как датчики линейных и угловых перемещений.

9. Наборы резисторов и резисторные микросхемы

В последнее десятилетие в ряду "интегральных" радиокомпонентов существенное место заняли комбинации резисторов в одном общем блоке, как правило – в миниатюрном исполнении. Это так называемые сборки, микромодули, матрицы, микросхемы. Их появление обусловлено тем, что в современной радио-, теле- и вычислительной аппаратуре многие узлы и схемы, отрабатываясь и совершенствуясь в процессе многолетней эксплуатации, постепенно приобрели достаточно устойчивые параметры и характеристики, что позволило их как бы унифицировать, превратив в один законченный радиокомпонент нового типа.

Типичным примером такой интеграции может служить схема декодирующей матрицы цветного телевизора. Вместо того, чтобы в каждом телевизоре устанавливать на печатную плату десяток отдельных резисторов и соединять их между собой по единой, унифицированной схеме, была разработана и создана матрица, имеющая общий вход полного видеосигнала и выходы отдельных цветоформирующих сигналов. Что же касается внутрисхемных соединений резисторов, они осуществлены внутри микросхемы, а не на матричной плате телевизора.

Аналогично были созданы целые серии делителей напряжения, широко используемых в средствах вычислительной техники. Такие делители вобрали в себя десятки отдельных "дискретных" резисторов, разгрузив тем самым матричные платы самих приборов и аппаратов.

Общее представление о структуре этого класса радиокомпонентов дает рис. 3.

Группирование в одном общем миниатюрном корпусе нескольких отдельных резисторов и соединение их между собой в различные схемы повлекло за собой появление новых требований и дополнительных параметров и характеристик, присущих только этим видам радиокомпонентов. Рассмотрим эти новые параметры.

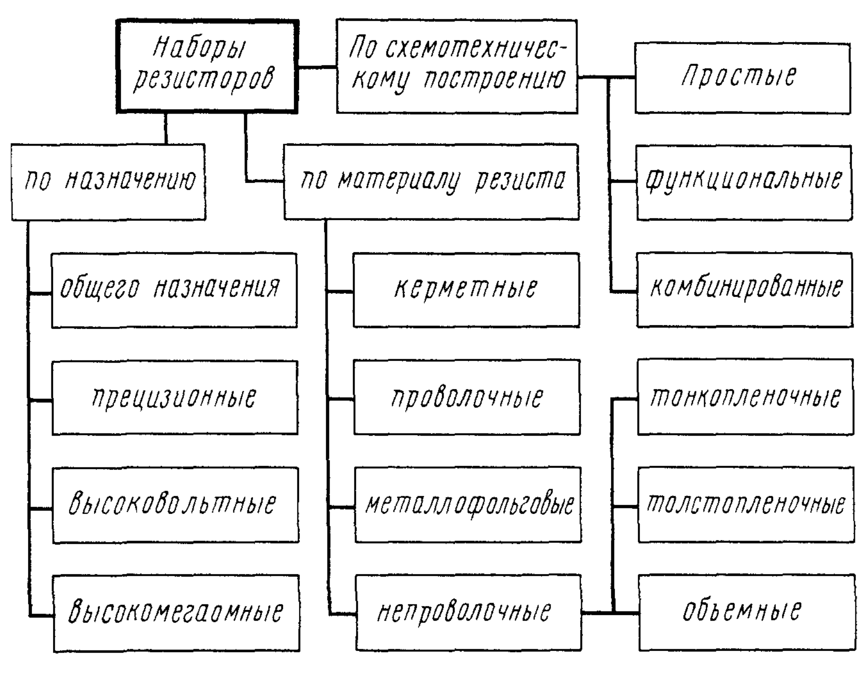


Рис 3. Структура современных наборов и микросхем резисторов

Прежде всего это касается номинальной мощности рассеяния. ГОСТ 9663-75 предусматривает для отдельных резисторов в наборе мощности рассеяния от 0,01 до 10 Вт на каждый, а для суммарной мощности рассеяния всех отдельных резисторов в одном корпусе – от 0,05 до 25 Вт. При этом сумма фактических мощностей рассеяния всех отдельных резисторов не может превышать предельно допустимой для данного типа (вида) набора или микросхемы.

Допуски на отклонение фактической величины сопротивления от обозначенной по ГОСТ 9664-74 для прецизионных резисторов устанавливаются в пределах ±0,001...±1%, а для всех остальных видов, включая высоковольтные и высокомегаомные только четырех групп: ±2 ±5, ±10 и ±20%.

Сопротивление изоляции для любых видов наборов и микросхем не может быть менее 100 МОм, достигая для некоторых видов 100 ГОм.

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) отдельных резисторов устанавливается в пределах ±0,000001...±0,001 на 1°С, а для всего набора вводится дополнительный показатель – *разбаланс ТКС*.

Разбаланс ТКС (или алгебраическая сумма) между ТКС двух любых отдельных резисторов является одной из важнейших характеристик набора, характеризуя его поведение при различных температурных режимах.

Для наборов, являющихся делителями напряжения, устанавливаются четыре дополнительные показателя: *номинальное входное напряжение*, *выходное напряжение*, *время установления* выходного напряжения и *коэффициент деления*.

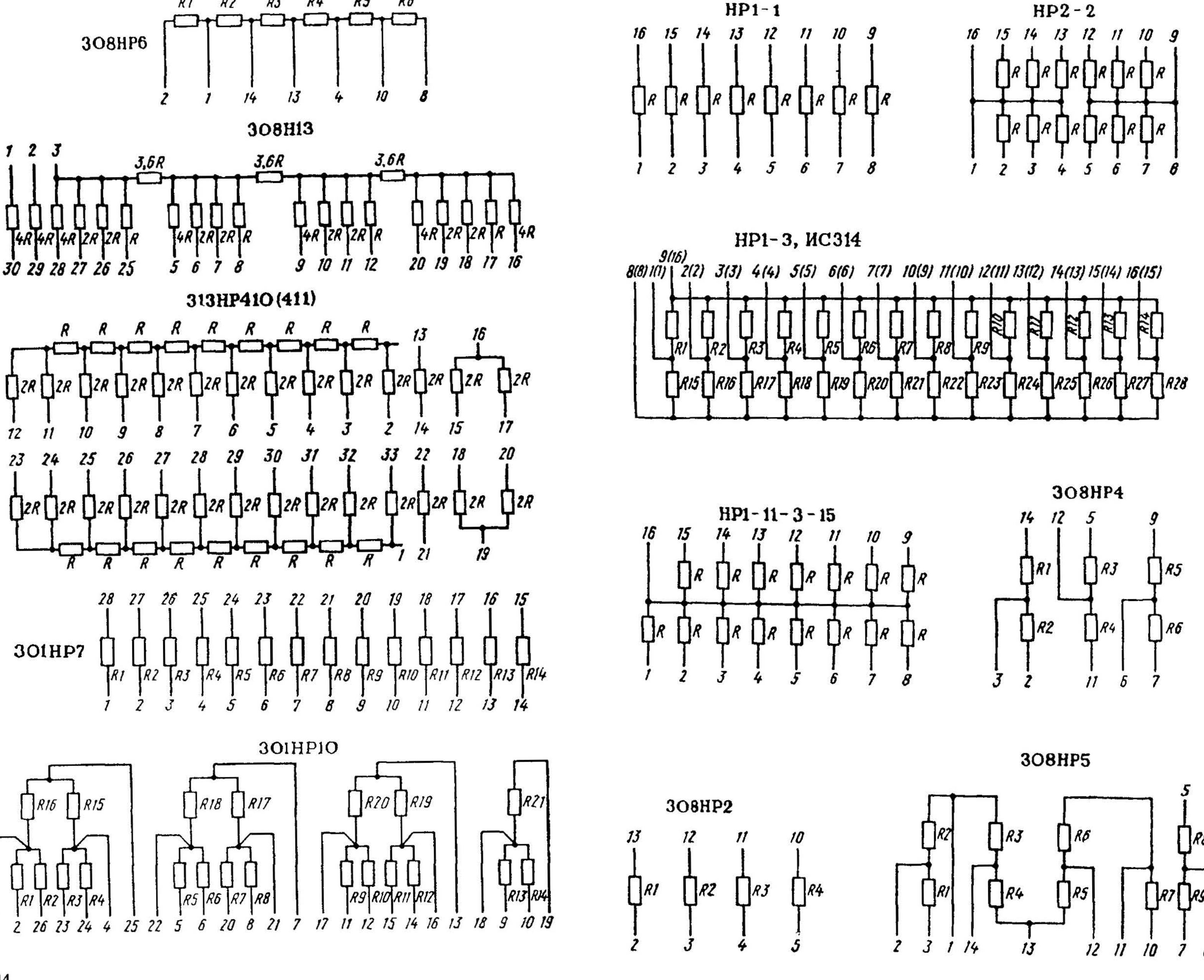


Рис. 4. Электрические схемы наборов резисторов различной сложности

Под номинальным входным напряжением понимают наибольшее допустимое напряжение постоянного или переменного тока на входных зажимах прибора, при котором обеспечивается его нормальная работоспособность с сохранением всех остальных параметров в установленных пределах. Для различных типов наборов оно может составлять от 1,2 до 1000 В.

Выходное напряжение – это напряжение на выходе делителя, которое не должно отличаться от оговоренного в паспорте на величину предельного допуске. Отношение абсолютного отклонения выходного напряжения к номинальному входному называется приведенным отклонением (или относительной погрешностью) выходного напряжения.

Время установления выходного напряжения – это временной промежуток, в течение которого напряжение на выходе нвбора резисторов изменяется от первого достижения уровня 0,1 до последнего достижения уровня 0,9 установившегося (окончательного) значения.

Время установления является важнейшим показателем, определяющим быстродействие схемы, а следовательно, и предельного значения частоты, до которого эта схема может работать без заметных искажений сигнала. Для большинства функциональных наборов зто время устанавливается в пределах 0,01...100 мкс.

Коэффициент деления наборов резисторов (делителей напряжения) определяется как отношение выходного напряжения к напряжению на входе. Его значение зааисит от абсолютных величин сопротивлений отдельных резисторов и схемы их соединения. В многозлементных наборах различные комбинации соединений дают разные козффициенты деления. В этом случае совокупность всех возможных сочетаний назыеают *шкалой делителя*.

По схемному состаау наборы и микросхемы могут варьироватся в широчайших пределах – от самых простейших, содержащих всего два отдельные, не соединенные между собой резистора (тип НР1-19-12), до сложных комбинированных схем, содержащих до 50 отдельных резисторов (декодирующая матрица типа 313НР410). В качестве иллюстрации на рис. 4 показаны электрические схемы некоторых типов наборов и микросхем различной сложности.

В зависимости от схемного состава, функционального назначения, конструктивного исполнения и злектрических параметроа наборы резисторов сгруппированы в серии. Наиболее употребительны и широко используются простые наборы и микросхемы серий 303, 314, 318, 320, НР1-1, НР1-2, НР1-3, НР1-4, НР1-5, НР1-7, НР1-11, НР1-19, НР1-20, НР1-21, НР1-27, НР2-2, НС5-3-6-01, НС5-4-4-1, наборы переменных резисторов и комбинированные наборы НРП1-1 и НРК1-1.

Функциональные наборы резисторов включают микросхемы серий 301, 302, 304, 308, 310, 311, 313, 315, 316, 317, 319, наборы типов НР1-17, НР1-22, НР1-28, НР2-5, регулируемые наборы типа НР1-9, а также делители напряжения типов ДНД и НС.

10. Системы маркировки резисторов

В отличие от понятия "полное нвименование резистора", применяемого для его характеристики в конструкторской и товаросопроводительной документации, а также в Государственных стандартах, под маркировкой понимают цифры, буквы и символы, наносимые на корпус резистора.

Маркировка содержит лишь самые необходимые и важнейшие саедения о резисторе. Обязательным показателем во всех случаях является номинапьное сопротивление, для обозначения которого используется одна из трех узаконенных систем: обычная цифробуквенная, трехзначная (рационализированная) цифробуквенная и цветокодовая.

В обычной цифробуквенной системе сопротивление указывается полным числом и сокращенным обозначением единицы измерения, например: 120 Ом; 3,6 кОм; 27О кОм; 1,5 МОм; 27 Ом.

Нетрудно видеть, что в зависимости от номинального значения для его обозначения требуются от четырех до шести знаков. В далеком прошлом, когда габаритные размеры резисторов были весьма значительными, размер наносимой маркировки не имел существенного значения, однако по мере успешного внедрения миниатюризации радиокомпонентов маркировка резисторов стала едва ли не проблемой номер 1.

Частичным ее решением стало внедрение рационализированной цифробуквенной системы, в осноау которой было попожено, что единица измерения обознвчалась только одой буквой, место положения которой одноаременно соответствовало положению запятой.

Буква Е означала единицы ом (в зарубежной маркировке – латинская буква R), буква к – килоомы, М – мегаомы, Г (G) гигаомы, Т – тераомы.

В соответствии с зтой системой резисторы в приведенном выше примере маркировались следующим образом: 120 Ом - К12, 3,6 кОм 3К6, 270 кОм - М27, 1,5 МОм – 1М5, 27 Ом – 27Е (27R).

Некоторые из западных фирм пошли по зтому пути еще дальше. Например, вмериканская фирма "State of the Art, inc.", одной букве присвоила сразу три функции: значение единицы измерения сопротивления, место запятой в группе цифр и аеличину допуска. Чтобы понять, как зто оказапось возможным, посмотрите внимательно табл. 6. В соответствии с этой системой надпись 3Н6 означает 3,6 кОм с допуском 2%, а 3N6 – те же 3,6 кОм, но с допуском 10%. Надпись L22 означает 220 кОм с допуском 5%, а 47D – 47 Ом с допуском 1%.

Т а б л и ц а 6. **Кодовое обозначение номинала и допуска на некоторых резисторах производства США**

Единица измерения	Допуск, %			
	1	2	5	10
Ом	D	G	J	M
кОм	E	H	K	N
МОм	F	T	L	P

Помимо этих двух систем широкое применение нашла цветокодовая система, при которой на корпус резистора наносятся кольцевые цветные пояски, цвет которых означает либо одну цифру, либо закодироаанное обозначение величины другого параметра (например, процентного допуска или величины ТКС), а порядок расположения колец соответствует порядку расположения цифр в номинальном значении.

Как правило, все полоски смещены к одному краю резистора, от которого и производится считывание кода. Но если число полосок не позволяет разместить их ассиметрично и они занимают всю поверхность резистора, то полоска, считающаяся первой, делается в два раза более широкой.

В табл. 7 приведена цветокодовая система маркировки, пользование которой не представляет труда. А если учесть при этом, что порядок цветов в таблице соответствует расположению цветов радуги, то ее оказывается не сложно и запомнить. Для тех же, кто нетвердо помнит расположение цветов в радуге, мы советуем запомнить простую мнемоническую фразу: *Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан.*

Говоря о принятых системах маркировки на современных резисторах следует сразу же оговориться: дать какую-то общую стройную картину или описать хотя бы единый подход к зтой проблеме просто невозможно (особенно для радиокомпонентов зарубежного производства) – для каждой фирмы-изготовителя она индивидуальна и чаще всего не стыкуется с системами, принятыми другими фирмами (а тем более – странами).

В свое время Международной Электротехничской Комиссией (МЭК) была предложена единая стандартизованная система обозначений, маркировки и определения параметров и терминов для различных радиокомпонентов. Эти материалы собраны и опубликованы в ряде так называемых публикаций (в частности публикации № 62 и 63 МЭК).

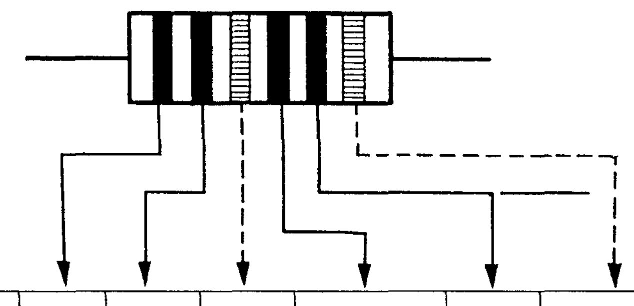
Однако зти рекомендации не являлись законодательно обязательными для всех мировых производителей злектрорадиоаппаратуры и радиокомпонентов, поэтому е большинстве стран-производителей до сих пор сохраняются свои, национальные системы оценки параметров, условных обозначений и маркировки изделий злектротехнической, злектронной и радиотехнической промышленностей.

Иногда разные национальные системы совпадают или совпадают частично (например, цветокодовая система обозначения номинальной величины сопротивления резисторов), чаще же они не только различаются между собой, но, что гораздо хуже, используют одни и те же цифры, буквы и симаолы для обозначения совершенно разных параметров. Это создает определенные трудности при сервисном обслуживании и ремонте аппаратуры разных стран и при выборе (приобретении) резисторов из номенклатуры зарубежных производителей.

В качестве примера покажем, что обычный одноваттный резистор для навесного монтажа с номиналом 22О кОм и допуском ±5% может обозначаться разными фирмами следующим образом:

МЛТ-1-22ОкОм ±5%-О979;
RN75-C-22О3-J;
МЛТ-1-М22-J;
MOX-2-44L22;
RF1BJ22О3;
MR-6-DX-5-M22.

Таблица 7. Цветокодовая маркировка резисторов



Цвет пояска	1-я цифра	2-я цифра	3-я цифра	Множитель	Допуск, %	ТКС
Черный	–	0	0	×1 Ом		
Коричневый	1	1	1	×10 Ом	±1	
Красный	2	2	2	×100 Ом	±2	
Оранжевый	3	3	3	×1 кОм		
Желтый	4	4	4	×10 кОм		$\pm 15 \times 10^{-6}$/°C
Зеленый	5	5	5	×100 кОм	±0,5	$\pm 25 \times 10^{-6}$/°C
Синий	6	6	6	×1 МОм	±0,25	
Фиолетовый	7	7	7	×10 МОм	±0,1	$\pm 10 \times 10^{-6}$/°C
Серый	8	8	8	×100 МОм	±0,05	$\pm 5 \times 10^{-6}$/°C
Белый	9	9	9	×1 ГОм		
Серебряный	–	–	–	×0,01 Ом	±10	
Золотой	–	–	–	×0,01 Ом	±5	
Поясок отсутствует	–	–	–	–	±20	

* Сплошные линии для резисторов всех рядов (E6–E192). Пунктирные линии только для резисторов рядов E48–E192. У резисторов с допуском ±20% поясок, обозначающий допуск, отсутствует

Другой пример: на резисторах английской фирмы Welwyn Elektronics Ltd. номинальная мощность резистора обозначается цифрой, внешне никак не связанной со значением мощности: цифра 3 означает 0,4 Вт, цифра 4 – 0,5 Вт, цифра 5 – 0,75 Вт, цифра 6 – 1 Вт, цифра 8 – 2 Вт и т.д., а у фирмы Philips (Нидерланды) такая связь, напротив, очевидна:

01 – 1 Вт;
02 – 2 Вт;
03 – 3 Вт;
04 – 4 Вт;
05 – 5 Вт;
07 – 7 Вт;
09 – 9 Вт;
15 – 15 Вт;
17 – 17 Вт;
20 – 20 Вт.

● ■ 2к7 ┘ВХ А0	■ 10К ┘ВХ В0	1К6J V0	~ ● В ● ~ К43 И9	0979 3К3И	● ● ~ ● В 1К0 ОМЛТ В9
7 Ⓚ 9 МЛТ 4К7 С	6 Ⓚ 6 МЛТ 240 К10%	1К0И 011	■ 15К ┘ВК В9	● ■ 5К1 ┘ВХ А7	(symbol) МЛТ–2 15R JX0
8 (symbol) 6 МЛТ–2 К30 J	Ⓚ В МЛТ 3R9J W8	Ω МЛТ–1 68К JBV6	● Ⓚ 1 ■ 330 К ‖	■ В●В 7К5 ┘▲ ВВ	5С1 М39
124 13ЕИ	К30	3,61 56	078 56ЕС	● 68 | Х	● Х К27 ИВ
2К0К — А6	29 | К43И	11∅68 ● А – 1Вт – | 68К = = =			● 7∅65 ● 4,7 М А – 2Вт–1V = =

Рис. 5. Маркировочные надписи и символы на некоторых типах отечественных резисторов

Одни и те же буквы или цифры на резисторах различных фирм могут иметь совершенно разные значения. Например, в Японии латинская буква С на резисторах фирмы Chiba Ohm Co.,Ltd. означает допуск в ±2%, а на резисторах фирмы Coa Corporation – величину ТКС +5O ppm/°C.

На американских резисторах в зависимости от фирмы-изготовителя и типа резистора одна и та же буква G в одном случае означает допуск ±2%, в другом – максимально допустимую рабочую температуру +275°С, в третьем – конструкцию выводов, предназначенных для пайки и сварки.

К сожалению, у нас в России дело обстоит не намного лучше. Действующий сегодня общероссийский ГОСТ "Рвзисторы постоянные. Маркировка" лишь перечисляет параметры, которые обязательно должны быть отражены на теле резистора. К ним относятся номинальное сопротивление, его допустимое отклонение и номинальная мощность. Что же касается других параметров, то они могут отображаться, если их величина существенна именно для данного типа резистора (например, классификвционное напряжение для варисторов или значение ТКС для термисторов).

Общими являются требования, чтобы наносимая надпись была легко читаемой, несмываемой, выдерживала предельную допустимую температуру и т.п. В отношении же содержательной части надписей, формы их обозначения, применения тех или иных кодов, ГОСТ не содержит конкретных рекомендаций и в то же время не ограничивает свободу их выбора. Поэтому каждый завод-изготовитель вправе сам определять или выбирать ту или иную систему маркировки, отражая ее в частных технических условиях (ТУ, ВТУ, ЧТУ) на данный вид продукции.

В самые последние годы в процессе реконструкции российских предприятий их переоснащение производилось современным импортным оборудованием, а производство многих радиокомпонентов осуществлялось по лицензиям зарубежных фирм. Поэтому вполне допустимо, что на этих предприятиях для маркировки лицензионных изделий полностью или частично применялись системы именно этих фирм.

В пользу такого предположения говорит проведенный автором анализ маркировок нескольких сотен отечественных резисторов разных типов и годов выпуска. На рис. 5 приведены некоторые результаты этого анализа. Часть букв, цифр и символов на этих маркировках может быть интерпретирована однозначно (например, номинальное сопротивление, дата выпуска, фирменный знак завода-изготовителя, величина номинальной мощности), что же касается других символов, автору так и не удалось установить их значение.

11. Особенности использования и монтажа резисторов

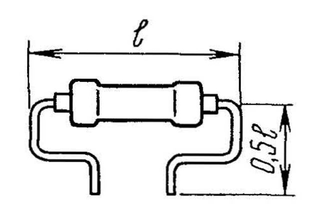
В отличие от ранних этапов производства радиоаппаратуры и практики радиолюбительства, когда все резисторы выпускались как бы "для общих целей" и не предназначались для конкретных узлов, цепей, схем, сегодняшний ассортимент, напротив, чаще всего предполагает их использование в определенных случаях и условиях.

Эта дифференциация особенно четко проявилась с появлением принципиально новых видов резистороа. термисторов, варисторов и т.п., которые по своей сущности предназначены для решения определенных задач и просто не могут применяться в любых других цепях и схемах.

Но и для самых "обычных" постоянных линейных резисторов существуют вполне определенные правила их использования и монтажа в аппаратуре. О выборе типов и параметров резисторов для различных схем мы уже говорили, а теперь остановимся на основных правилах монтажа

Для маломощных постоянных непроволочных рвзисторов с мощностью рассеяния до 1 Вт существуют общие правила монтажа При навесном монтаже проволочныв выводы резисторов можно не укорачивая припаивать к лепесткам, опорным точкам, выводам ламповых панелвк, трансформаторов и т п. Для соединения сваркой можно использовать только те типы резисторов, для которых зтот способ оговорен в технических условиях

В случав необходимости выводы резисторов под пайку можно укорачивать, но не болев, чем на 2/3 их первоначальной длины Если же расстоянив между двумя точками подключения резистора меньше длины "укороченного" резистора, его выводы следует изогнуть так, как показано на рис 6



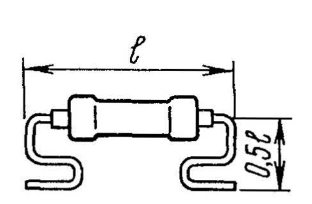


Рис 6 Изгиб выводов резистора для пайки при малых расстояниях между точками подключения

Так же в исключительных случаях допускается изгибать выводы резистора при установке на печатную плату при условии, что тело резистора будвт иметь по отношению к соседним деталям зазор, допускаемый ГОСТами на печатный монтаж.

Резисторы мощностью свыше 1 Вт, а также все проволочные резисторы при навесном монтаже недопустимо припаивать непосредственно к лепесткам-выводам других деталей (ламповых панелек, гребеночных разъемов, регулировочных потенциометров) Они должны устанавливаться на специальных монтежных планках или между "опорными точками" и соединяться с другими элементами схемы при помощи соединительных проводников

Все проволочные резисторы на трубчатом керамическом основании должны устанавливаться на шасси или печатную плату только при помощи крепежной шпильки, изолированной с обеих сторон от самого резистора двумя изоляционными втулками (шайбами) и соединяться с другими деталями или пистонами на печатной плате также при помощи проводников

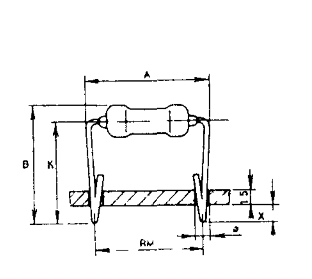
На печатные платы постоянные резисторы могут устанавливаться несколькими разными способами, сгруппированными в две системы горизонтальную и вертикальную Горизонтальная система – более ранняя и может считаться "классической" Она появилась одновременно с технологией печатного монтажа и предусматривала только "лежачее" положение резисторов вплотную к плате Впрочем, для цепей, где существенными были утечка на основание платы и значительный нагрев протекающим током, допускалось "приподнятое" положение резистора

Таблицв 8 **Требуемые размеры и расстояния при формовке резисторов**

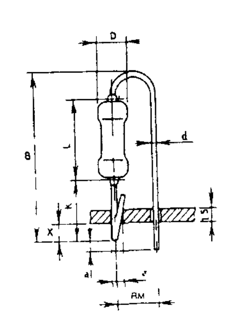
Горизонтальный способ мм					
Типоразмер	A_{max}	B±0,5	RM	X	∅ сверпения
0207	9,5	9,5	7,5 ±0,5	2^{+2}	1,1 +0 1
0309	12,5	11,0	10,5 ±0,5	$2^{+1,5}_{-1}$	1,15 +0 25
0411	17,0	13,0	15,5 ±0,5	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0414	17,0	14,0	15,5 ±1	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0617	20,0	15,0	15,5 ±1	$2^{+1,5}_{-1}$	1,3 +0 1
0922	27,5	18,5	22,5 ±1	$2^{+1,5}_{-1}$	1,3 +0,1
0933	37,5	18,5	35,0 ±1	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1

Окончание табл 8

Вертикапьный способ мм						
Типоразмер	B±0 5	RM±0 5	a	k_{max}	X	∅ сверления
0207	13,0	2,5	0,6 1,5	5,5	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0309	14,0	2,5	0,6 1,5	5,5	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0411	18,5	5,0	0,6 1,5	5,5	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0414	21,0	5,0	1,0 2,0	7,5	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0617	25,5	5,0	1,0 2,0	8,0	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1
0922	32,0	7,5	1,0 2,0	8,0	$2^{+1\ 5}_{-1}$	1,3 +0 1



Горизонтальный способ



Вертикальный способ

Рис 7 Формовка (гнутье) выводов резисторов под установку на печатные платы

С уменьшением размеров радиоаппаратуры и пояалением "миниатюрных" компонентов классическое горизонтальное расположение резисторов стало уступать место вертикальному, позволившему резко уменьшить размеры печатных плат. Именно благодаря такому переходу появились "носимые" и "карманные" аудиоплееры, магнитофоны, приемники.

Вертикальная установка резисторов допускается при соблюдении определенных правил, регламентирующих степень укорочения выводоа, формы изгиба, величины зазоров и т.п. На рис. 7 показаны рекомендуемые варианты подготовки резисторов разных размеров для установки на печатные платы, а а табл. 8 численные значения соответствующих размеров и расстояний. В ней читатель столкнется с малораспространенным у нас понятием – "типоразмер".

Это понятие прочно утаердилось за рубежом для одноаременной характеристики всех геометрических размеров резистора вместо принятых у нас раздельных (длины, диаметра, длины выводов и др). Будет неплохо, если читатель освоит эту систему выражения размеров резисторов по даум причинам: во-первых, во всех современных каталогах, справочниках и рекламных проспектах зарубежных производителей радиокомпонентов теперь вместо линейных размеров резисторов указывается только типоразмер; во-вторых, потому, что в ближайшее время можно ожидать ваедения аналогичного параметра и в российскую техническую документацию.

В табл. 9 приаедены соотношения между наиболее распространенными за рубежом обозначениями типоразмеров и фактическими размерами обычных резисторов, а а табл. 10 – для резисторов в ЧИП-исполнении. Для плоских прямоугольных высокомегаомных резисторов на стеклянной подложке (см. рис. 2, *4*) типоразмер напрямую отражает размеры резистора в миллиметрах, что аидно из табл. 11.

В некоторых случаях а маркировке зарубежных резисторов вместо типоразмера приводится двузначное число в сочетании с одной или несколькими буквами. Букаы в этом случае означают т и п резистора, а число – длину резистора вместе с двумя выаодами а миллиметрах. Например, G26, G53, G73, G83. В большинстве случаев между типоразмерами и полной длиной резистора (вместе с выводами) выдерживается четкая взаимосвязь. Так для типоразмеров 0204, 0207, 0309 полная длина состааляет 53 мм, для типоразмера 0411 – 53 или 73 мм, для типоразмера 0414 – 73 мм, для типоразмеров 0617, 0719, 0922 и 0933 – 83 мм.

Таблица 9. **Геометрические размеры обычных резисторов в зависимости от обозначения типоразмера**

Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм	Обозначение типоразмера	Диаметр тела, мм	Длина тела, мм
0102	1,1	2,2	0414	4,1	12,0
0204	1,6	3,6	0617	6,0	16,5
0207	2,5	6,0	0719	6,5	18б,5
0307	3,0	8,2	0922	9,0	20,0
0411	4,0	10,0	0933	10,0	32,0

Таблица 10. **Геометрические размеры ЧИП-резисторов разных типоразмеров**

Типоразмера	Длина тела, мм	Ширина тела, мм	Толщина тела, мм
0402	1,0	0,5	0,35
0603	1,6	0,8	0,45
0805	2,0	1,25	0,50
1206	3,1	1,55	0,55
1210	3,1	2,55	0,55
1812	4,5	3,20	0,55
2010	5,0	2,50	0,55
2220	5,0	5,70	0,55
2225	6,33	5,60	0,55
2512	6,35	3,15	0,55

Таблица 11. Типоразмеры высокомегаомных резисторов на стеклянном основании

Типоразмер	Ширина, мм	Длина, мм
0908	9	8
0714	7	14
0924	9	24
0939	9	39
1354	13	54
1676	16	76

Что касается большинства нелинейных (полупроаодниковыых) резистороа – термисторов, варисторов, магниторезисторов, то их установка и монтаж в аппаратуре в подавляющем большинстве случаев определяется не особенностями конструкции самого резистора, а исключительно спецификой и особенностями того участка схемы или отдельного устройства, в котором эти резисторы используются.

Например, терморезисторы, контролирующие (и корректирующие) степень нагрева мощных оконечных усилительных транзистороа устанавливаются не на печатных платах усилителя, а приклеиваются термостойким клеем непосредственно к телу (корпусу) транзистора. В этом случае выводы терморезистора закрепляют на специальных опорных точках или лепестках вспомогательных "гребенок", соединяемых со схемой усилителя отдельными проводниками.

Подобным же образом для осуществления коррекции формы и значения пилообразных отклоняющих токов в телевизорах терморезисторы монтируют непосредстаенно внутри самой отклоняющей системы. И в этом случае способ монтажа и крепления терморезисторов зависит исключительно от конструкции отклоняющей системы и от выбора той точки внутри системы, где действаие термистора оказывается наиболее эффектианым.

Что же касается магниторезисторов, то их расположение, крепление и электрический монтаж вообще не предполагает неких "типовых" форм и способоа, а на 100% определяется их функцией в данном приборе или устройстае и полностью подчинены специфике работы именно этого устройства.

То же полностью относится и к терморезисторам, используемым в качестве датчиков в различных измерительных и сигнальных устройстаах. Более того, специфика конструкции таких устройств повлекла за собой необходимость разработки и создания целого ряда полупроводниковых резисторов особой формы – стержневые, дисковые, бусинковые, вакуумные, с косвенным подогревом и т.п.

Что касается монтажа резисторных наборов и резисторных микросхем, то он практически ничем не отличается от монтажа транзисторных микросхем и диодных сборок, а монтаж специальных плоских резисторов для микросборок выходит за рамки радиолюбительской деятельности, поэтому здесь мы на нем останавливаться не будем.

12. Некоторые соображения по эксплуатации резисторов

Все, о чем мы говорили до сих пор, относилось к описанию характеристик резисторов, особенностям разных типов, критериям их выбора для конкретных схем, правилам монтажа и т.п.

Но вот нужный резистор выбран, найден и установлен в схему, и с этого момента он начинает жить своей собственной жизнью, мало зависящей от вас. Между тем продолжительность его жизни во многом зависит не только от правильности сделанного выбора, но и от условий эксплуатации аппарата или прибора, в котором он установлен. Поэтому теперь мы поговорим о том, как влияют на долговечность резисторов условия их эксплуатации.

Резисторы в количественном отношении занимают основное место в любой радиоаппаратуре, за исключением, пожалуй, вычислительных устройств, состоящих преимущественно из набора интегральных полупроводниковых микросхем, диодов и диодных сборок-матриц.

На работе резисторов сказывается множество внешних факторов, среди которых наиболее существенны температура и влажность окружающей среды, атмосферное давление, агрессивные примеси в составе воздуха, специфические микроорганизмы, нейтронное и гамма-излучение, космическая и солнечная радиация, а также различного рода механические воздействия (удары, тряска, вибрация).

Воздействие каждого из этих факторов приводит к различным последствиям, но все эти последствия можно свести к трем обобщенным группам.

1. *Преждевременное старение* – стойкое необратимое монотонное изменение параметров (например, увеличение или уменьшение абсолютной величины резистора за пределы допустимой нормы).

2. *Мехвнические дефекты, не носящие характер разрушения* (например, появление микротрещин на защитном покрытии постоянных резистороа, возникновение окисной пленки на подвижных контактах потенциометров и т.п.).

3. *Отказы* – необратимый выход резистора из строя вследствие разрыва проводящего слоя, электрического пробоя или прожега, разлома керамического основания, обрыва (облома) вывода и т.п.

Наиболее существенное влияние нв работоспособность резисторов оказывают повышенные температура и влажность окружающего воздуха. При этом температура в непосредственной близости от поверхности резистора складывается из нескольких составляющих: температуры прилегающих слоев

воздуха, степени нагрева самого резистора за счет рассеиваемой им электрической мощности, радиационного теплового облучения от близкорасположенных нагретых элементов (мощные транзисторы оконечных усилителей и стабилизаторов напряжения, трансформаторов и дросселей, генераторных ламп в передатчиках и т.п.), условий вентиляции или конвекционного охлаждения и пр.

Повышенная (особенно до предельно допустимых значений) температура вызывает тепловое старение всех элементов, образующих резистор: материала резиста, защитных покрытий, контактных деталей. Происходящее при этом изменение структуры изоляционных материалоа, вызванное их химическим разложением, приводит к уменьшению сопротивления изоляции, разрушению или растрескиванию изоляционных защитных лаков, красок, эмалей.

У переменных резисторов под воздейстаием высокой температуры образуется непроводящая или плохо проводящая окисная пленка на контактирующих металлических деталях, нарушающая плавность изменения сопротивления и приводящая к появлению микроискрений, ощущаемых в виде шорохов и тресков при вращении оси потенциометра.

Сочетание высокой окружающей температуры с электрической нагрузкой, близкой к предельно допустимой, вызывает местные, локальные перегревы керамического или стеклянного основания резистора и как следствие - ускорение процесса электролиза окислов щелочных металлов, содержащихся в керамическом основании.

Воздействие низких (отрицательных) температур также негативно сказывается на работе резисторов, особенно ненагруженных, вызывая повышение хрупкости защитных лаков и змалей, загущение и повышение вязкости смазок в переменных резисторах. Еще более пагубны для резисторов резкие смены отрицательных и положительных температур, особенно в сочетании с высокой влажностью окружающего воздуха.

Конденсация влаги на теле резистора при опускании температуры ниже точки выпадения росы (например, ночью) ухудшает сопротивление изоляции, способствует развитию грибкоаой плесени, у переменных резисторов вызывает коррозию металлических контактных элементов. Действие повышенной влажности в сочетании с электрической нагрузкой приводит к злектрохимическому разрушению материалоа резиста и защитных покрытий, ускоряет процесс старения резистивного злемента. Эти процессы многократно ускоряются, если в атмосферном воздухе содержатся в виде тумана водные растворы солей.

Не меньшую опасность представляет для резисторов и значительно пониженное атмосферное давление (например, в высокогорных районах). В этих условиях снижается электрическая прочность воздушного промежутка между металлическими деталями резисторов, создавая благоприятные условия для электрического пробоя воздуха, поверхностного перекрытия и даже возникновения дуги. Возможно возникновение "тихого разряда", т. е. появления светящейся короны вследствие ионизации воздуха, приводящее к ускоренному, преждевременному старению изоляционных и проводящих материалов.

Знание и понимание характера воздействия вредных факторов позволяют в значительной степени уменьшить их негативное влияние на работу резисторов и тем самым повысить надежность и долговечность работы аппаратуры. Постараемся дать читателям на эту тему несколько полезных практических советов, в том числе и нетрадиционных, основанных на личном полувековом опыте работы автора с различной радиоаппаратурой.

Если речь идет не об аппаратуре специального назначения, а о бытовой и особенно радиолюбительской аппаратуре индивидуального пользования, которой предстоит работать в условиях повышвнной влажности (особвнно на морском побережье) или в горных районах при постоянно пониженном атмосферном давлении, настоятельно рекомендуем все постоянные резисторы мощностью рассеяния до 1 Вт перед установкой в схему покрыть защитным слоем воска, парафина или церезина.

Для этого воск расплавляется в небольшой металлической емкости (баночке), и все резисторы покрывают защитной пленкой путем окунания. Температура размягчения парафина находится в пределах +55...+65°С, церезина – +65...+75°С, поэтому в большинстве практических случаев такое защитное покрытие надежно держится на резисторах в течение всего срока службы аппарата.

Таким же способом целесообразно защитить от проникновения пыли и влаги переменные резисторы типа СП и им подобные, снабженные плотно прилегающими защитными металлическими колпачками. Для этого потенциометр следует взять за ось и на 2...3 с окунуть в расплавленный парафин до уровня середины резьбовой части крепежной втулки, следя за тем, чтобы парафин не попал в зазор между втулкой и осью.

Само же место вхождения оси во втулку перед установкой резистора в аппарат надо смазать техническим вазелином или автомобильной консистентной смазкой (типа консталина или литола).

Сложнее защитить от пыли и влаги так называемые "движковые" или "ползунковые" потенциометры (например, типа СП3-23). Автор предлагает решить эту проблему следующим способом (см. рис. 8). Из тонкой листовой резины (например, от велосипедной камеры или волейбольного мяча) вырезается прямоугольник размером B × L. Точно по середине лезвием безопасной бритвы делается продольный надрез длиной *l*, после чего резиновая накладка приклеивается по периметру верхней части потенциометра резиновым (или «88»-м) клеем. Для этого края резинки и поверхность крышки потенциометра смазывают клеем и оставляют до полного высыхания, затем смазывают клеем повторно, подсушивают "до отлипания", после чего резинку накладывают точно на верхнюю крышку, продев выступающий движок в прорезь резинки, и плотно прижимают резинку к корпусу резистора.

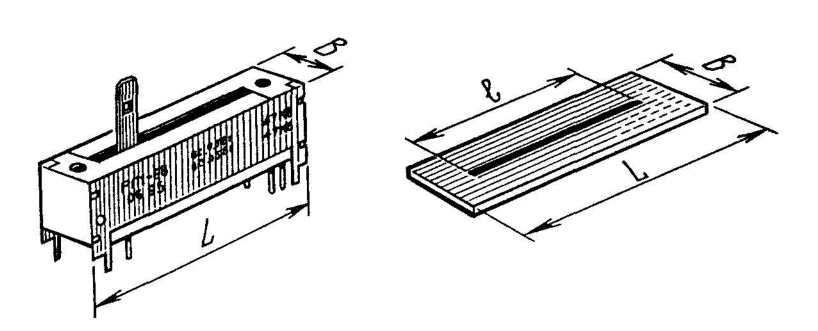


Рис. 8. Способ защиты ползунковых переменных резисторов от проникновения пыли и влаги

Для обеспечения большего срока службы переменных резисторов оперативных регуляторов (громкости, тембра, яркости, контрастности и т.п.) очень полезно резисторы перед установкой их в аппаратуру вскрыть, тщательно протереть рабочую (токонесущую) "подкову" спиртом или чистым (*не автомобильным!*) бензином, затем тонким равномерным слоем смазать подковку чистым техническим вазелином, снова аккуратно и плотно закрыть защитной крышкой, а в зазор между осью и втулкой капнуть одну (*не больше!*) каплю машинного или трансформаторного масла.

Резисторы, выделяющие значительное тепло (например двухваттные МЛТ), при длительной работе с полной нагрузкой могут вызвать местное обугливание и даже прогорание гетинакса или текстолита печатной платы непосредственно под резистором, что неизбежно приведет к выходу аппарата из строя и необходимости замены печатной платы.

Во избежание этого такие резисторы нельзя располагать вплотную к плате. Также совершенно недопустимо надевать на эти резисторы сплошную хлорвиниловую трубку, так как это неизбежно приведет к интенсивному перегреву и выходу из строя самого резистора.

Самый простой и эффективный способ решения этой проблемы состоит в том, что на края резистора надевают два колечка шириной в 3...5 мм, отрезанные от хлорвиниловой трубки соответствующего диаметра, что препятствует плотному прилеганию резистора к плате, а под телом резистора в самой плате насверливают несколько (шесть–восемь) отверстий диаметром 2...2,5 мм для конвекционной вентиляции.

Справочные сведения

1 ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Перечень действующих ГОСТов на резисторы (на 1999 год)

Номер ГОСТа	Название
21414-75	Резисторы Термины и определения
9663-75	Резисторы Ряд номинальных мощностей рассеяния
9664-75	Резисторы Допускаемые отклонения от номинального значения
10318-80	Резисторы переменные Основные параметры
23203-78	Варисторы Ряды токов и классификационных напряжений
24013-80	Резисторы постоянные Основные параметры
21174-76	Резисторы переменные непроволочные Корпусы Основные размеры
28884-90	Ряды предпочтительных значений для резисторов и конденсаторов
29029-91 29035-91 29043-91 29068-91 29069-91 29070-91 29071-91 29072-91	Резисторы постоянные для электронной аппаратуры (чвсти 4, 5, 6, 7, 8) – форма технических условий на резисторы различных видов
20 57406-81	Комплексная система контроля качества изделий злвктронной техники
21342 0-75	Резисторы Общие требования при измерении электрических параметров
21342 1-87	Резисторы переменные Методы измерения переходного сопротивления контактов выключателя резистора
21342 2-75	Резисторы переменные Методы проверки плавности изменения сопротивления
21342 3-87	Резисторы переменные Методы проверки функциональной характеристики
21342 4-87	Резисторы переменные Методы измерения разбаланса сопротивления многоэлементных резисторов
21342 5-87	Резисторы переменные Методы измерения минимального сопротивления и начального скачка сопротивления
21342 6-75	Резисторы переменные Методы контроля шумов перемещения подвижной системы
21342 7-76	Терморезисторы Методы измерения сопротивления
21342 8-76	Терморезисторы Методы измерения температурного коэффициента сопротивления
21342 9-76	Варисторы Методы измерения напряжения и тока

Номер ГОСТа	Название
21342 10-76	Варисторы Методы измерения коэффициента нелинейности
21342 13-78	Резисторы Методы измерения сопротивления изоляции
21342 14-86	Резисторы Методы испытаний импульсными нагрузками
21342 15-78	Резисторы Методы определения температурной зависимости сопротивления
21342 16-78	Резисторы Методы измерения нелинейности сопротивления
21342 17-78	Резисторы Методы определения изменения сопротивления от изменения напряжения
21342 18-78	Резисторы Методы проверки электрической прочности изоляции
21342 19-78	Резисторы Методы измерения уровня шумов
21342 20-78	Резисторы Методы измерения сопротивления
21395 0-75	Резисторы Методы проверки Требования к конструкции Общие положения
21395 3-75	Резисторы переменные Методы проверки плавности хода, момента вращения, момента трогания подвижной системы, моментв (усилия) срабатывания выключателя резистора
21395 4-75	Резисторы переменные Методы проверки угла поворота одвижной системы и выключателя
21395 5-75	Резисторы переменные Методы проверки прочности стопорения подвижной системы
21395 6-75	Резисторы переменные Методы проверки износоустойчивости резистора и выключателя
21395 7-75	Резисторы переменные Методы проверки прочности упоров
27647-88	Резисторы переменные Методы проверки механической прочности вала управления
27648-88	Резисторы переменные Методы измерения переходного сопротивления подвижного контакта при низком напряжении
28626-90	Терморезисторы косвенного подогрева с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления Общие технические условия
28639-90	Терморезисторы косвенного подогрева с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления Форма технических условий Уровень качества Е
28883-90	Коды для маркировки резисторов и конденсаторов
30264-95	Варисторы Общие требования при измерении электрических параметров
30265-95	Варисторы Методы испытаний импульсной электрической нагрузкой
30346-96	Варисторы Методы измерения емкости

Таблица П1. Постоянные непроволочные отечественные резисторы

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
Р1-1	3,0 (85)	50 и 100 Ом	(1,0; 2;0; 5)	7,7	14,7	1,3	
Р1-3	3,0 (85)	5,1 Ом ... 301 Ом	Е96 (1 и 5)	4,0	23,0	3,0	
	10,0 (85)			6,0	29,0	4,5	
	25,0 (85)			8,0	32,0	5,0	
	50,0 (85)			12,0	38,0	5,5	
Р1-4	0,25 (70)	10 Ом...1 МОм	Е24, Е96 (1; 2; 5)	1,8	4	–	
	0,5 (85)	1 Ом...10 МОм		2,8	6,5	–	
Р1-5	0,5 (85)	5,1 Ом ... 301 Ом	Е96 (1 и 5)	4,0	26,0	2,5	
Р1-7	0,5 (70)	1 Ом ... 5,1 МОм	Е24; Е96 (1; 2; 5; 10)	4,2	10,8	0,8	
	1,0 (70)	1 Ом ... 10 МОм		6,6	13,0	0,8	
	2,0 (70)			5,6	18,5	1,0	
Р1-8	0,125 (70)	5,1 Ом ... 100 кОм	Е48 (1; 2; 5)	1,0	2,0	0,8	
	0,25 (70)	5,1 Ом ... 68 кОм		2,0	4,0	0,8	

Р1-11	1,0 (70)	1 Ом...3 МОм	E24 (1; 2; 5; 10)	2,2	5,9	–	
Р1-12	0,62 (70)	1 Ом...10 МОм	E24, E96 (5; 10; 20)	1,55	3,1	0,6	ОЖ0.467.169 ТУ
	0,125 (70)						
Р1-16	0,125 (70)	100 Ом ... 200 кОм	E192 (0,1; 0,25; 0,5; 1,0)	1,6	3,2	0,5	
С1-4	0,125 (70)	10 Ом...2 МОм	E24, E48 (2; 5; 10)	2,4	7,3	–	
	0,25 (70)	10 Ом...10 МОм		3,9	10,5	–	
	0,5 (70)	10 Ом...10 МОм		5,5	16	–	
С2-1	0,25 (70)	1 Ом...510 кОм	E24, E192 (0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10)	7,0; 5,4	13,2; 16,1	–	
	0,5 (70)			7,0	18,0	–	
	1,0 (70)	1 Ом...1 МОм		9,0	28,0	–	
	2,0 (70)	1 Ом...5,1 МОм		10,5; 9,0	35,0; 50,0	–	
С2-6	0,125 (70)	100 Ом...1 МОм	E24 (5,0; 10,0)	2,2	6,0	–	
	0,25 (70)	100 Ом...2 МОм		3,0	7,0	–	

Продолжение табл. П1

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С2-10	0,125 (70)	1 Ом…9,88 кОм	Е192	2,0	6,0	–	
	0,25 (70)		(0,5; 1,0)	3,4	7,0	–	
	0,5 (70)			4,2	10,8	–	
	1,0 (70)			6,6	13,0	–	
	2,0 (70)			8,6	18,5	–	
С2-11	0,125 (70)	1 Ом…100 Ом	Е24	2,0	6,0	–	
	0,25 (70)		(2; 5; 10)	3,0	7,0	–	
С2-12	0,05 (70)	5,6 Ом…10 кОм	Е24	0,35	3,0	–	
	0,125 (70)	560 Ом…24 кОм	(5; 10; 20)	0,35	6,0	–	
	0,25 (70)	10 Ом…510 Ом		0,35	6,0	–	
С2-13	0,25 (70)	1ОМ…1 МОм	Е192	9,0	15,5	–	
	0,5 (70)		(0,1; 0,2;	11,0	21,0	–	
	1,0 (70)		0,5; 1; 2)	11,0	30,0	–	

Продолжение табл. П1

С2-14	0,125 (85)	1 Ом…1 МОм	Т192 (0,1; 0,25; 0,5; 1,0)	2,2	6,0	–	
	0,25 (85)	1 Ом…1 МОм		3,0	7,1	–	
	0,5 (85)	1 Ом…2,2 МОм		4,2	11,0	–	
	1,0 (85)	1 Ом…3 МОм		6,7	13,0	–	
	2,0 (850	1 Ом…5,1 МОм		9,0	28,0	–	
С2-20	0,5 (70)	50 Ом и 75 Ом	(10)	1,0	7,1	16,0	
	1,0 (70)			1,0	26,0	22,0	
С2-23	0,062 (85)	1 Ом…510 кОм	Е24; Е96 (1; 2; 5; 10)	1,6	4,6	–	ОЖ0.467.104 ТУ
	0,125 (85)	1 Ом…3 МОм		2,0	6,0	–	
	0,25 (85)	1 Ом…5,1 МОм		3,0	7,0	–	
	0,5 (85)			4,2	10,8	–	
	1,0 (85)	1 Ом…10 МОм		6,6	13,0	–	
	2,0 (85)			8,6	18,5	–	
С2-29В	0,062 (85)	10 Ом…511 кОм	Е24, Е192 (0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1)	2,3	6,5	–	
	0,125 (85)	1 Ом…1 МОм		3,5	8	–	
	0,25 (85)	1 Ом…2,2 МОм		4,5	11	–	
	0,5 (85)	1 Ом…3 МОм		7,5	14	–	
	1 (85)	1 Ом…8,5 МОм		9,8	20	–	
	2 (85)	1 Ом…20 МОм		9,8	28	–	

Продолжение табл. П1

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С2-30	0,125 (70)	2 Ом…510 кОм	Е24 (0,1; 0,2; 0,5; 1,0)	3,5	9,95	9,85	
С2-30	0,125 (70)	2 Ом…1 МОм	Е24 (0,1; 0,2; 0,5; 1,0)	2,3	6,0	–	
С2-33Н	0,125 (85)	1 Ом … 3 МОм	Е24, Е96 (1; 2; 5; 10)	2,2	6	–	ОЖО.467.173 ТУ
	0,25 (85)	1 Ом … 5,1 МОм		3	7	–	
	0,5 (85)	1 Ом … 5,1 МОм		4,2	10,2	–	
	1 (85)	1 Ом … 10 МОм		6,7	13	–	
	2 (85)	1 Ом . . 10 МОм		8,8	18,5	–	
С2-34	0,062 (70)	10 Ом…10 кОм	Е192 (0,1; 0,25; 0,5; 1,0)	2,2	6	–	
	0,125 (70)	0,5 Ом…10 кОм		3	7	–	
	0,25 (70)	0,5 Ом…10 кОм		4,2	10,8	–	
	0,5 (70)	0,5 Ом…10 кОм		6,6	13	–	
	1 (70)	0,5 Ом…10 кОм		8,6	18,5	–	
С2-36	0,125 (70)	10 Ом … 2,2 МОм	Е192 (0,5; 1,0)	2,2	6,0	–	
С2-50	0,25 (85)	10 Ом…1 МОм	Е24; Е96 (1; 2; 5)	2,4	6,0	–	
	0,33 (85)	10 Ом…2 МОм		3,3	7,0	–	
	1,0 (85)	1 Ом…3,3 МОм		4,2	10,8	–	
С3-3	0,065 (70)	150 Ом…1 МОм	Е24 (5; 10; 20)	0,45	3,0	–	
	0,125 (70)	100 Ом…3,3 МОм		0,45	6,0	–	
С3-4	0,25 (70)	10 Ом…3,3 МОм	Е24 (5; 10; 20)	0,49	9,6	9,6	
С3-5	–	1 ГОм…15 ГОм	Е24 (5; 10; 20)	7,0	30,0	–	
С3-9	1,0 (70)	47 кОм…100 МОм	Е12 (5; 10; 20)	7,3	30,0	–	
	10,0 (70)	100 МОм и 3,3 ГОм	Е24 (10; 20)	15,5	47,0	–	
		33 МОм…330 МОм		32,0	124,0	–	
С3-12	–	! ГОм…18 ГОм	Е12 (10; 20)	7,0	36,0	–	

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С3-13	–	1 МОм…33 МОм	E24 (10; 20)	1,8	3,8	–	
С3-14	0,01 (55)	10 МОм…100 ГОм	E6, E12, E24 (0,5; 10; 20)	6,2	29	–	
	0,05 (70)	100 кОм…47 МОм		1,6	3,2	–	
	0,125 (55)	1 МОм…1 ГОм		1,6	6,5	–	
	0,25 (55)	1 МОм…5,6 ГОм		4,3	15	–	
	0,5 (55)	470 кОм…5,6 ГОм		4,3	25	–	
	1 (70)	5,6 кОм…5,6 ГОм		6,2	29	–	
С4-2	0,25 (85)	10 кОм…5,1 МОм	E24 (5; 10; 20)	2,2	13,5	3,7	
	0,5 (85)	10 кОм…10 МОм		2,2	19	3,7	
	1 (85)			4	29,5	5	
	2 (85)			5	36,5		
С4-3	0,5 (85)	1,8 Ом; 10 Ом; 18 Ом	(10)	9,0	4,1	–	
	1,0 (85)	4,7 Ом		12,0	6,1	–	

БЛП	0,1 (70)	1 Ом...100 кОм	E192 (0,5; 1,0)	5,7	16	–	
				5,7	26	–	
	0,25 (70)			7,6	15,5	–	
				7,6	29,6	–	
	0,5 (70)			9,7	17	–	
				9,7	47,7	–	
	1 (70)			11,7	25,5	–	
БЛПа	0,1 (70)	1 Ом...100 кОм	E192 (0,5; 1,0)	5,3	16	–	
				5,3	26	–	
	0,25 (70)			7,3	15,6	–	
				7,3	30,1	–	
	0,5 (70)			9,4	17,1	–	
				9,4	47,7	—	
	1 (70)			11,3	25,6	–	
ВС	1 (40)	47 Ом...10 МОм	E24, E48 (5; 10; 20)	7,6	30,9	–	
	2 (40)			9,7	48,4	–	
	5 (40)			25,3	76	–	
	10 (40)	75 Ом...10 МОм		40,3	120,5	–	

Продолжение табл. П1

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
ВСа	0,125 (70)	10 Ом...2 МОм	E24 (5; 10; 20)	2,4	7,3	–	
	0,25 (70)	27 Ом...2,2 МОм		5,5	16	–	
	0,5 (70)	27 Ом...10 МОм		5,5	26	–	
КВМ		15 МОм...1000 ГОм	E12 (2; 5; 10; 20)	5	41	–	
КИМ	0,05 (25)	100 кОм...5,6 МОм	E24 (5; 10; 20)	1,8	3,8	–	
	0,125 (25)	10 Ом...1 ГОм		2,5	8,0	–	
КЛМ	0,01 (40)	10 ГОм...1000 ГОм	E6 (5; 10; 20)	0	29,0	–	
КЭВ	0,5 (40)	510 кОм...5,1 ГОм	E24 (5; 10; 20)	5,5	25	–	
	1 (40)			9	46	–	
	2 (40)	510 кОм...12 ГОм		9	90	–	
	5 (40)	510 кОм...18 ГОм		11	145	–	
	10 (40)	510 кОм...12 ГОм		32	124	–	
	20 (40)	1 МОм...22 ГОм		32	244	–	
	40 (40)	2,4 МОм...47 ГОм		53	324	–	

МЛТ	0,125 (70)	8,2 Ом … 3 МОм	E24, E96 (2; 5; 10)	2,2	6	–	
	0,25 (70)	8,2 Ом…5,1 МОм		3	7	–	
	0,5 (70)	1 Ом…5,1 МОм		4,2	10,2	–	
	1 (70)	1 Ом…10 МОм		6,6	13	–	
	2 (70)			8,6	18,5	–	
МТ	0,125 (70)	8,2 Ом…1,1 МОм	E24; E96 (2; 5; 10)	2,2	6	–	
	0,25 (70)	8,2 Ом…2 МОм		3,0	7	–	
	0,5 (70)	8,2 Ом…5,1 МОм		4,2	10,8	–	
	1,0 (70)	1 Ом…10 МОм		6,6	18	–	
	2,0 (70)			8,6	28	–	
МОУ	0,1 (55)	10 Ом…100 Ом	E24 (5)	1,6	9,5	–	
	0,15 (55)			1,6	12,5	–	
	0,25 (55)			1,6	14,5	–	
	0,5 (55)	10 Ом…150 Ом		1,6	16,5	–	
	1,0 (55)			3	30	–	
	2,0 (55)			4	40	–	
	5,0 (55)			6	60	–	
	10 (55)			8	80,5	–	
	25 (55)	17; 25; 37,5; 50; 75 Ом		13	130	–	
	50 (55)			18	180	–	
	100 (55)			21	300	–	
	200 (55)	25; 37,5; 50; 75 Ом		21	300	–	

Продолжение табл. П1

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
МОУ-Ш	0,15 (55)	4,3…15; 16…39; 43…75 Ом		10	–	0,5	
	0,5 (55)	4,3…15; 16…39; 43…75 Ом	E12 (10)	16	–	1,0	
ОМЛТ	0,125 (70)	8,2 Ом…3 МОм	E24; E96 (2; 5; 10)	2,2	6	–	
	0,25 (70)	8,2 Ом…5,1 МОм		3	7	–	
	0,5 (70)	1 Ом…5,1 МОм		4,2	10,2	–	
	1 (70)	1 Ом…10 МОм		6,6	13	–	
	2 (70)			8,6	18,5	–	
ТВО	0,125 (850	1 Ом…100 кОм	E24 (5; 10; 20)	2,5	8	1,5	
	0,25 (85)	1 Ом…510 кОм		3,7	13,5	2,2	
	0,5 (85)	1 Ом…1 МОм		3,7	19	2,2	
	1 (85)			5	29,5	4	
	2 (85)			6	36,5	5	
	5 (85)	27 Ом…1 МОм		11,5	77	9,5	
	10 (85)			15	112	10,5	
	20 (85)	24 Ом…100 кОм		22,5	112	19,5	
	60 (85)			47	186	28	

УНУ	0,1 (40)	7,5…100 Ом	Е24 (10)	1,6	6,5	–	
	0,15 (40)			3	9,5	–	
	0,25 (40)		Е24 (+2…–5)	4,3	15	–	
	0,5 (40)	50; 55,4; 62; 75 Ом		4,3	25	–	
	1,0 (40)	50; 62; 75 Ом		6,2	29	–	
	2,0 (40)	50; 75 Ом		8,2	46,5	–	
	5,0 (40)			15	75,5	–	
	10 (40)	50; 56; 75 Ом		24	120	–	
	25 (40)	50 и 75 Ом		28	180	–	
	50 (40)			43,5	250	–	
	100 (40)			43,5	300	–	
УНУ-Ш	0,1 (40)	4,5…100 Ом	Е24 (5)	8	–	1,75	
	0,15 (40)			11,8	–	2,0	
	0,25 (40)	4,5…75 Ом		16	–	4,0	
С6-2	0,125 (70)	10; 20; 30; 40; 50; 75 Ом	(2)	2	5	–	
	0,25 (70)			2	4	–	
	0,5 (70)			3	9	–	
С6-3	1,0 (70)	50 Ом	(1; 2)	3,1	10,8	–	

Окончание табл. П1

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С6-4	0,025 (70)	5,1 Ом…1 кОм	E48 (2; 5)	1	1	0,8	
	0,05 (70)	5,1 Ом…3 кОм		2	2	0,8	
	0,125 (70)			2	4	0,8	
С6-5	10 (70)	30…75 Ом	E48 (0,5; 1)	3	7	14,3	
С6-6-I	0,5 (85)	50 и 75 Ом	(2)	1	4	1	
	1,0 (85)			3	8	1	
	5,0 (85)			4	16	1	
	10 (85)			6	20	1	
С6-6-II	0,5 (85)	50 и 75 Ом	(2)	1,5	12	–	
	1 (85)			2	15	–	
	2 (85)			3	19	–	
	5 (85)			4	24	–	
С6-7	0,25 (85)	25; 36; 50 Ом	(0,5 и 1,0)	1,8	8,3	–	
	0,5 (85)			3,06	11,3	–	
С6-8	–	50 Ом	(2,0; 5,0; 10)	–	–	–	
С6-9	0,125	10 Ом…1 кОм	E48 (2)	1	1	0,8	

Т а б л и ц а П2. **Резисторы постоянные проволочные и металлофольговые**

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
Р2-67	0,125 (55)	10 Ом … 10 кОм	Е192 (0,005; 0,01, 0,02; 0,05, 0,1; 0,2; 0,5; 1,0)	5,0	12,0	12,5	
	0,25 (55)			5,0	18,0	12,5	
	0,5 (55)			5,0	28,0	12,5	
Р2-73	0,25 (70)	0,47 Ом … 8,2 Ом	Е12 (10)	4,3	10,5	–	
	0,5 (70)	0,47 Ом … 24 Ом		4,3	10,5	–	
Р2-75	0,125 (70)	1 Ом … 30,1 Ом	Е96 (1,0)	5,5	12,5	12,5	
С5-5	1 (70)	1 Ом…13 кОм	Е24 (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5)	6,15	20	–	
	2 (70)	2 Ом…30 кОм		8,15	27	–	
	5 (70)	5,1 Ом…75 кОм		11,2	33	–	
	8 (70)	10 Ом…100 кОм		12,2	42	–	
	10 (70)	10 Ом…180 кОм		12,2	52	–	
С5-5В	1 (70)	1 Ом…13 кОм		6,15	20	–	
	2 (70)	2 Ом…30 кОм		6,15	27	–	
	5 (70)	5,1 Ом…75 кОм		11,2	33	–	

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С5-14В	0,125 (85)	1 Ом…6,8 кОм	Е24	10	8	–	
	0,25 (85)	1 Ом…7,5 кОм	(0,05; 0,1, 0,2; 0,5; 1; 2; 5)	10	10	–	
	0,5 (85)	1 Ом…8,2 кОм		10	12		
	1,0 (85)	1 Ом…10 кОм		10	14	–	
С5-14-ВII	0,125 (70)	0,1 Ом…6,8 кОм		10	8	–	
	0,25 (70)	0,1 Ом…7,5 кОм		10	10	–	
	0,5 (70)	0,1 Ом…8,2 кОм		10	12	–	
	1,0 (70)	0,1 Ом…10 кОм		10	14	–	
С5-16	8 (100)	0,39 Ом…16 Ом	Е24	12	41	–	
	16 (100)	0,51 Ом…10 Ом	(0,5; 1; 2; 5)	17	45	–	
С5-16МВ	1 (100)	0,1 Ом…2 Ом		9	19	–	
	2 (100)			11	24	–	
	5 (100)	0,1 Ом…5,1 Ом		11	32	–	
С5-17В	0,125 (85)	0,1 Ом…1 кОм	Е24	10	8	–	
	0,25 (85)		(0,5; 1; 2; 5; 10)	10	10	–	
	0,5 (85)			10	12	–	

С5-18, С5-22	0,125 (70)	1 Ом…3 кОм	Е24 (0,1; 0,2; 0,5; 1,0)	8	8	3,6	
С5-23	–	200 МОм	(2)	98	129	–	
С5-24	0,5 (70)	1 МОм…51 МОм	Е24 (5)	16	54	–	
С5-24А	0,25 (60)	100 МОм…150 МОм	Е24 (0,5)	15,5	51	–	
С5-25, С5-25В1	0,25 (85)	1 Ом…5,6 кОм	Е24 (0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5)	7	17	–	
	0,5 (85)	1 Ом…10 кОм		9	17,5	–	
	1 (85)	5,1 Ом…30 кОм		11	22,5	–	
С5-27	0,05 (60)	5; 10; 20; 50 кОм 0,1; 0,2; 0,5; 1 МОм	(0,01)	10	32	–	

Продолжение табл П2

Тип	Мощность Вт при температуре °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С5-35В	3 (40)	3 Ом 510 Ом	E12 (5)	14	26	28	
	7,5 (40)	1 Ом 3, 3 кОм	E24 (10)	14	35	28	
	10 (40)	1,8 10 кОм		14	41	28	
	15 (40)	3,9 15 кОм		17	45	31	
	25 (40)	10 Ом 24 кОм		21	50	35	
	50 (40)	18 Ом 51 кОм		29	90	43	
	75 (40)	47 Ом 56 кОм		29	140	43	
	100 (40)			29	170	43	
С5-36В	10 (40)	3 Ом 220 Ом	E24	14	41	28	
	15 (40)	5,1 Ом 220 Ом	(5, 10)	17	45	31	
	25 (40)	10 Ом 510 Ом		21	50	35	
	50 (40)	22 Ом 1,5 кОм		29	90	43	
	100 (40)	47 Ом 2,7 кОм		29	170	43	
С5-37	5 (40)	1,8 Ом 5,1 кОм	E24	11	25,8	–	
	8 (40)	2,7 Ом 6,8 кОм	(5, 10)	11	34,8	–	
	10 (40)	3,3 Ом 10 кОм		11	44 8	–	
	16 (40)	3,3 Ом 15 кОм		11	70 8	–	

С5-37В	5 (40)	1,8 Ом 5,1 кОм	Е24 (5, 10)	11	25,8	–	
	8 (40)	2,7 Ом 6,8 кОм		11	34,8	–	
	10 (40)	3,3 Ом 10 кОм		11	44,8	–	
С5-38	1 (85)	5,6 кОм	(10)	3,6	17,6	–	
С5-40	100 (85)	33 Ом 10 кОм	Е24 (5, 10)	–	–	–	
	160 (85)			–	–	–	
	250 (85)			–	–	–	
	500 (85)			–	–	–	
С5-40В1	10 (100)	10 Ом 1 кОм	Е12 (10)	47	260	–	
	16 (100)			58	335	–	
	25 (100)	12 Ом 33 кОм		64	340	–	
	50 (85)	16 Ом 10 кОм		80	390	–	
С5-41	0,25 (70)	15 Ом 10 кОм	Е192 (0,1, 0,2, 0,5, 1, 2, 5)	10	27	3,5	

Продолжение табл. П2

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С5-42В	2,0 (85)	1 Ом…2,74 кОм	Е24 (5); Е98 (0,1; 0,2; 0,5; 1; 2)	4,3	15,5	5	
	3 (85)	0,01 Ом…10 кОм		7,8	15,5	8	
	5 (85)	4,3 Ом…10 кОм		8,8	20	9,5	
	8 (85)	4,7 Ом…10 кОм		8,8	28	9,5	
	10 (85)	5,1 Ом…10 кОм		8,8	38	9,5	
С5-43	10 (85)	0,068 Ом…1 Ом	Е12 (5); Е24 (10)	30	29	14	
	16 (85)	0,082 Ом…1 Ом		30	38	14	
	25 (85)	0,1 Ом…1 Ом		30	48	14	
	50 (85)	0,22 Ом…1 Ом		48	70	27	
	75 (85)	0,33 Ом…1 Ом		48	95	27	
	100 (85)	0,39 Ом…1 Ом		48	120	27	
С5-44	0,05 (70)	100 Ом…100 кОм	Е96 (0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 5)	4	3,6	–	
С5-47	10 (85)	1 Ом.. 3,3 кОм	Е12 (10); Е24 (2; 5)	21	36,5	11	
	16 (85)	1,5 Ом…5,1 кОм		21	44,5	11	
	25 (85)	2 Ом…6,2 кОм		30	49	14	
	40 (85)	4,3 Ом…47 кОм		30	72	14	

С5-50	–	50; 100; 200 и 500 МОм	(0,1; 0,25)	16	53	–	
С5-51	–	5,11 МОм…100 МОм	Е48 (0,25; 0,5; 1; 5)	10	32	–	
С5-52	2 (100)	5,6 кОм	(+10)	5,5	23	–	
С5-53В	0,125 (70)	1 Ом…330 кОм	Е24; Е48; Е96; Е192 (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1)	9	20	–	
	0,25 (70)	3,3 Ом…1 МОм		11	25	–	
	0,5 (70)	4,7 Ом…1,5 МОм		11	43	–	
	1 (70)	10 Ом…3,3 МОм		11	43	–	
	2 (70)	10 Ом…20 МОм		11	53	–	
С5-54В	0,125 (70)	100 Ом…330 кОм	Е24; Е48; Е96; Е192 (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1)	9	20	–	
	0,25 (70)	100 Ом…1 МОм		11	25	–	
	0,5 (70)	100 Ом…1,5 МОм		11	43	–	
	1 (70)	100 Ом ..3,3 МОм		11	43	–	
	2 (70)	100 Ом…10 МОм		11	53	–	

Продолжение табл. П2

Тип	Мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
С5-55	0,125 (60)	1 кОм…1 МОм	E24; E48; E96; E192 (0,05; 0,1; 0,2; 0,5)	13	25	8	
С5-58	–	10 МОм…20 МОм	E24; E48; E96; E192 (0,02; 0,5)	12	57	12	
	1 (50)	10 кОм…10 МОм		10	40	10	
	0,25 (50)	10 кОм…3 МОм		8	33	8	
С5-60	0,05 (40)	100 Ом…10 кОм	E192 (0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1)	11,9	35	–	
	0,125 (40)	100 Ом…499 кОм		11,9	44	–	
	0,25 (40)	100 Ом…1 МОм		11,9	54	–	
	0,5 (40)	100 Ом…2,15 МОм		16	55	–	
	1 (40)	100 Ом…4,99 МОм		20	56	–	
	2 (40)	100 Ом…20 МОм		26	77	–	
С5-61	0,125 (70)	30,1 Ом…30,1 кОм	E192 (0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0)	5	11	12	

С5-62	0,125 (70)	30,1 Ом…10 кОм	Е192 (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1)	1,5	5,7	6,7	
С5-401	0,3 (60)	1,9 кОм…301 кОм	Е192 (5)	7	16	–	
МВСГ	0,125 (60)	10 кОм…3 МОм	Е24 (0,03; 0,05; 0,1)	10	27	–	
	0,25 (60)	10 кОм…2 МОм		10	32	–	
	0,5 (60)	10 кОм…10 МОм		14	36	–	
	1 (60)	50 кОм…10 МОм		16	54	–	
МРГЧ	0,25 (60)	10 кОм…2 МОм	Е48 (0,03; 0,05; 0,1)	10	27	—	
	0,5 (600	10 кОм…10 МОм		14	36	–	
	1 (60)	50 кОм…10 МОм		16	54	–	
МРХ	0,05 (60)	10 кОм…2 МОм	Е96 (0,02; 0,05)	10	27	–	
	0,125 (60)	10 кОм…3 МОм		10	32	–	
	0,25 (60)	10 кОм…10 МОм		14	36	–	
	0,5 (60)	50 кОМ…20 МОм		16	54	–	

Продолжение табл. П2

Тип	Мощность, Вт, при температу-ре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
ПКВ-II, ПКВТ-II	0,5 (85)	1 Ом…270 кОм	E24 (0,25; 0,5; 1; 2; 5)	12	16	20	
	1 (65)	1 ОМ…1 МОм		15	20	23,5	
	2 (85)	20 Ом…2 МОм		24,5	32	32,5	
ПТМН	0,5 (85)	1 Ом…300 кОм	E24 (0,25; 0,5; 1)	7	15	–	
	1 (85)	20 Ом…2 МОм		9	23	–	
ПЭВ	3 (40)	3 Ом…510 Ом	E12 (5) E24 (10)	14	26	28	
	7,5 (40)	1 Ом…3, 3 кОм		14	35	28	
	10 (40)	1,8 Ом…10 кОм		14	41	28	
	15 (40)	3,9…15 кОм		17	45	31	
	20 (40)	4,7 Ом…20 кОм		17	50	35	
	25 (40)	10 Ом…24 кОм		21	50	35	
	30 (40)	10 Ом…30 кОм		21	71	35	
	40 (40)	18 Ом. .51 кОм		21	87	35	
	50 (40)			29	90	43	
	75 (40)	47 Ом…56 кОм		29	140	43	
	100 (40)			29	170	43	

Окончание табл. П2

Тип	Мощность, Вт, при темпервтуре, °С	Диапазон номинельных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Резмеры, мм			Внешний вид
ПЭВР	10 (40)	3 Ом…220 Ом	Е12 (5)	14	41	28	
	15 (40)	5,1 Ом…220 Ом	Е24 (10)	17	45	31	
	20 (40)	10 Ом…430 Ом		17	50	31	
	25 (40)	10 Ом…510 Ом		21	50	35	
	30 (40)	15 Ом…1 кОм		21	71	35	
	50 (40)	22 Ом…1,5 кОм		29	90	43	
	100 (40)	47 Ом…2,7 кОм		29	170	43	

Таблица П3 Переменные непроволочные резисторы

Тип	Номинальная мощность, Вт при температуре °С	Функциональная характеристика	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Габаритные размеры мм			Внешний вид
					D (B)	L	h	
РП1-46	0,5 (85)	А	100 Ом 10 МОм	Е6	10	10	–	
	1 (85)	А	47 Ом 10 МОм	(10, 20)	10	10	–	
	2 (85)	А	47 Ом 4,7 МОм		16	16, 17,4	–	
РП1-46б	0,5 (85)	А	33 Ом 10 МОм		10	10	–	
РП1-48	0,25 (70)	А	10 Ом 2,2 МОм		2,5	12	4	
РП1-50	0,025 (70)	А	100 Ом 4,7 МОм		–	–	–	
	0,01 (70)	Б, В	330 Ом 470 кОм		–	–	–	
РП1-51	0,01 (40)	А	100 Ом 330 кОм		–	–	–	
РП1-53	0,25 (40)	А	22 кОм	(20)	6	28	8	
РП1-60	0,01 (40)	А	10 кОм 100 кОм	Е6 (10, 20)	–	–	–	

РП1-61	0,25 (40)	А	10 Ом 10 МОм	Е6 (10, 20)	–	–	–	
	0,5 (40)		100 Ом 6,8 МОм		–	–	–	
РП1-62	0,25 (40)	А	10 кОм 330 кОм		–	–	–	
	0,125 (40)	В			–	–	–	
РП1-63	0,25 (40)	А	47 Ом 10 МОм		–	–	–	
	0,125 (40)				–	–	–	
РП1-65	1,0 (40)	А	47 Ом 4,7 МОм		–	–	–	
РП1-66*	0,125 (40)	Д-1	10 кОм 470 кОм		–	–	–	
РП1-72	0,125 (40)	В или Д	1 кОм 470 кОм		–	–	–	
		В + Д						
СП2-2	0,5 (85)	А	22 Ом 4,7 МОм	Е6 (20)	16	12,5	15	
	1,0 (85)				21	12,5	15,0	
СП2-2а	0,5 (85)				16	16	15	
	1,0 (85)				21	16	18,1	

Продолжение табл П3

Тип	Номинальная мощность Вт при температуре °С	Функциональная характеристика	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск ±%)	Габаритные размеры мм			Внешний вид
					D (B)	L	h	
СП2-6	1,0 (85)	А	100 Ом 2,2 МОм	Е6 (10, 20)	–	–	–	
	0,5 (85)	Б, В, Н	100 Ом 100 кОм		–	–	–	
	1,0+1,0 (85)	А+А	100 Ом 2,2 МОм		–	–	–	
	0,5+0,5 (85)	Б, В, Н	100 Ом 100 кОм		–	–	–	
СП3-1	0,25 (55)	А	470 Ом 1 МОм	Е6 (20, 30)	15,5	16,5	8,2	
СП3-3	0,05 (40)	А	1 кОм 1 МОм		14	7,5, 9,2	–	
	0,025 (40)	Б	4,7 кОм 47 кОм		14	7,5,	–	
		В	4,7 кОм 1 МОм		14	9,2	–	
СП3-4М	0,125 (40) 0,25 (40)	А	220 Ом 470 кОм	Е6 (20, 30)	16	11,5	–	
	0,125 (40) 0,25 (40)	Б, В	4,7 кОм 470 кОм		–	–	–	
	0,125 (40) 0,25 (40)	А + А	220 Ом 470 кОм		–	–	–	
	0,125 (40) 0,25 (40)	Б, В Б, В	4,7 кОм 470 кОм		–	–	–	
	0,05 (40) 0,25 (40)	Б, В А	4,7 кОм 1 МОм		–	–	–	
	0,125 (40)	А Б, В	220 Ом 470 кОм 4,7 кОм 470 кОм		–	–	–	

СП3-9	0,5 (40)	А	1 кОм 4,7 МОм	Е6 (10, 20, 30)	16	14,5	–	
СП3-10М	1 (40)	А	470 Ом 2,2 МОм	Е6 (10, 20, 30)	29	31	–	
	0,5 (40)	Б, В	4,7 кОм 2,2 МОм		29	31	–	
	1,0+2,0	А + А	470 Ом 2,2 МОм		29	32	–	
	0,5+1,0 (40) / 0,25+1,0 (40)	Б, В	4,7 кОм 2,2 МОм		29	32, 47	–	
	1,0+1,0 (40)	А / Б, В	470 Ом 4,7 МОм / 4,7 кОм 2,2 МОм		29	31	–	
	0,5 (40) / 2,0 (40)	А + А	470 Ом 2,2 МОм / 470 Ом 4,7 МОм		29	47	–	
	0,5 (40) / 1,0 (40)	А / Б, В	470 Ом 2,2 МОм / 4,7 кОм 2,2 МОм		29	47	–	
СП3-16	0,125 (70)	А	1 кОм 1 МОм	Е6 (10, 20, 30)	11,7	13,5	–	
СП3-19	0,5 (70)	А	10 Ом 1 МОм	Е6 (10, 20)	6,6	4,1	–	
					6,5	7,53	9	
					10	9,3	–	
СП3-22	0,125 (55)	А	100 Ом 1 МОм	Е6 (20)	9,5	11	3,6	

Тип	Номинальная мощность Вт при температуре °С	Функцио-нальная характе-ристика	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск ±%)	Габаритные размеры мм			Внешний вид
					D (B)	L	h	
СП3-23	0,25 (40)	А	220 Ом 4,7 МОм	Е6 (20, 30)	11,5	50, 69, 86	18	
	0,125 (40)	Б, В, С	1 кОм 2,2 МОм		11,5	50, 69, 86	18	
	0,25, 0,125 0,125, 0,05	А Б, В С	220 Ом 4,7 МОм 1 кОм 2,2 МОм		11,5	50, 69, 86	18	
	0,05 (40) 0,05 (40)	Е И	22 кОм 2,2 МОм 22 кОм 2,2 МОм		11,5	69, 86	18	
	0,125+0,125 0,25+0,25		220 Ом 4,7 МОм		11,5	50, 69, 86	18	
	0,05+0,05 0,125+0,125	Б, В, С Б, В, С	1 кОм 2,2 МОм		11,5	50, 69, 86	18	
	0,125 х 4	А+А+А+А	220 Ом 4,7 МОм		21	50	18	
	0,05 х 4	4Б, 4В, 4С	1 кОм 2,2 МОм		21	50	18	
СП3-24	0,25 (40) 0,125 (40)	А Б, В	680 Ом 1 МОм 4,7 кОм 1 МОм		14,5	56	18,3	
СП3-26	0,25 (40)	А	33 кОм 220 кОм	Е6 (20)	18	10	–	
	125 (40)	В			32	10	–	
СП3-27	0,125 (40)	А	470 Ом 1 МОм	Е6 (20, 30)	10	12	3,5	
	0,25 (40)				14	16	5,0	
	0,5 (40)		68 Ом 1 МОм		18, 20	20, 22, 23	4,5, 5,4, 6,6	
СП3-28	0,125 (40)	А	10 Ом 1 МОм	Е6 (10, 20)	4,6	4,5	1,5	
СП3-29	1,0 (40)	А	1 МОм 10 МОм	Е6 (30)	28	32	11,3	
СП3-29М	0,5 (40)	А	68 Ом 15 МОм	Е6 (20, 30)	26, 5, 28,5	28,6, 30,6	6,6, 8	
СП3-30	0,25 (40)	А	220 Ом 6,8 МОм	Е6 (20, 30)	26	16, 27	–	
	0,5 (40)							
	0,125 (40)	Б, В	4,7 кОм 2,2 МОм		26	16, 27	–	
	0,25 (40)	Б, В	15 кОм 2,2 МОм		26	27	–	
	0,25 (40)	А	220 Ом 6,8 МОм		26	27	–	
	0,125 (40)	Б, В	4,7 кОм 2,2 МОм					

Продолжение табл. П3

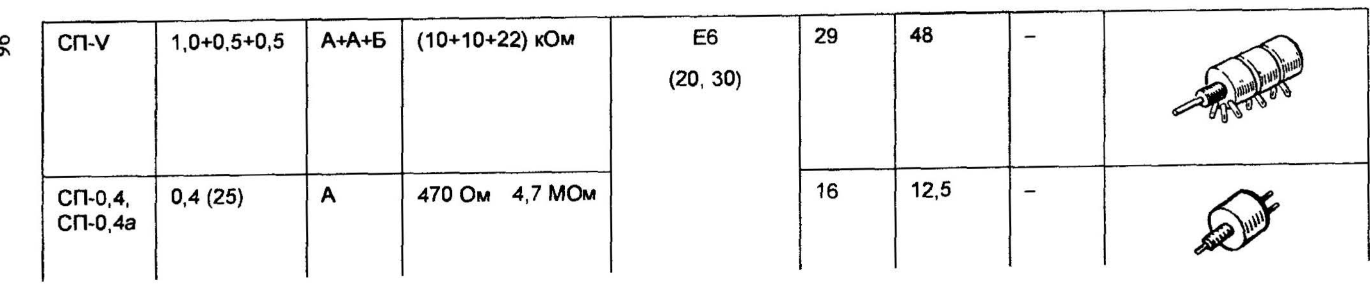
Тип	Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С	Функцио-нальная характе-ристика	Диапазон номинальных сопротиалений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Габаритные размеры, мм			Внешний аид
					D (B)	L	h	
СП3-30	0,125 (40) 0,125 (40)	Е И	100 кОм + 470 кОм; 470 кОм + 470 кОм 1 МОм + 1 МОм 1 МОм; 2,2 МОм	Е6 (20; 30)	26	27	–	
	0,125 (40) 0,125 (40)	Б; В Б; В	4,7 кОм…2,2 МОм		26	27	–	
	0,25 + 0,25	А + А	220 Ом…6,8 МОм		26	27	–	
	0,125 (40) 0,25 (40)	Б; В А	4,7 кОм…2,2 МОм 220 Ом…6,8 МОм		26	37		
СП3-33	0,25 (40)	А	100 Ом…4,7 МОм	Е6 (10; 20; 30)	16	10; 20; 21,5	23	
	0,125 (40)	Б, В, С	1 кОм…2,2 МОм		16	10; 17,6	23	
	0,25 + 0,25	А + А	100 Ом…4,7 МОм		23	27,6; 29	23	
	0,125+0,125	2Б; 2В; 2С	1 кОм…2,2 МОм		23	17,6; 27,6	23	
	0,25 x 4	А+А+А+А	100 Ом…4,7 МОм		16	32,9; 44,4	23	
	0,125 x 4	4Б; 4В; 4С;	1 кОм…2,2 МОм		16	32,9; 44,4		
СП3-35	0,125 (40)	В; Д	100 кОм…220 кОм	Е6 (10)	29	44,2	40	
СП3-36	–	В	100 кОм…220 кОм	Е6 (10)	5,7	43,2	8,6	

СП3-37	1 (70)	А	10 Ом…1 МОм	Е6 (10; 20; 30)	6,5	35	8,5	
СП3-38	0,125 (40)	А	68 Ом…4,7 МОм	Е6 (20; 30)	9,5; 15,5	11; 12; 16,5	4; 4,2 7	
	0,25 (40)		68 Ом…4,7 МОм		15,5	16,5	7	
СП3-39	0,5 (70)	А	10 Ом…6,8 МОм	Е6 (10; 20; 30)	10	10	5,7	
	1 (70)		10 Ом…2,2 МОм		13	13	5,7	
СП3-40	0,125 (40) 0,25 (40)	В, $В_1$ Д, $Д_1$	33 кОм…220 кОм	Е6 (10)	15	38	10	
СП3-41	0,05 (40)	А	100 кОм…2,2 МОм	Е6 (10)	8	–	4,3	
	0,025 (40)	Б; В	1 кОм…2,2 МОм					
СП3-42*	0,05 (40)	Д	10 кОм…330 кОм	Е6 (10; 20)	90	85	23	

Продолжение табл. П3

Тип	Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С	Функциональная характеристика	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений (Допуск, ±%)	Габаритные размеры, мм			Внешний вид
					D (В)	L	h	
СП3-44	0,25 (70)	А	10 Ом…1 МОм	Е6 (10; 20)	11	9	–	
	0,5 (70)		10 Ом…2,2 МОм		5,6; 11; 13	4; 7,4; 9	–	
	1 (70)		10 Ом…4,7 МОм		16,5	9	–	
СП3-45а	0,5 (85)	А	100 Ом…10 МОм		10	10	–	
	1 (85)				10	10	–	
	2 (85)				16	16; 17,4	–	
СП3-45б	0,5 (85)	А	100 Ом…10 МОм	Е6 (10; 20; 30)	12	16	–	
	1,0 (85)				12	17,5	–	
	2,0 (85)				21	20,5	–	
СП4-1	0,5 (70)	А	100 Ом…4,7 МОм	Е6 (20; 30)	12,8	12	–	
	0,25 (70)	Б, В	1 кОм…2,2 МОм					
СП4-1а	0,5 (70)	А	100 Ом…4,7 МОм		12,8	12	–	
	0,25 (70)	Б, В	1 кОм…2,2 МОм					
СП4-2Ма	1,0 (70)	А	47 Ом…4,7 МОм		22	12	–	
	0,5 (70)	Б, В	1 кОм…2,2 МОм					

СП4-2Мб	1 (70)	А	47 Ом…4,7 МОм	Е6 (20; 30)	22	12	–
	0,5 (70)	Б, В	1 кОм…2,2 МОм				
СП4-3	0,125 (70)	А	100 Ом…4,7 МОм		12	13	–
СП4-4	–	А	100 Ом…4,7 МОм	Е6 (30)	12	–	22,3
СП-I	1,0 (25)	А	470 Ом…4,7 МОм	Е6 (20, 30)	29	15	–
	0,5 (25)	Б, В	4,7 кОм…2,2 МОм				
СП-II	1 (25)	А	470 Ом…4,7 МОм		29	15	–
	0,5 (25)	Б, В	4,7 кОм…2,2 МОм				
СП-III	1,0 (25)	А	470 Ом…4,7 МОм		29	32	–
	0,5 (25)	Б, В	4,7 кОм…2,2 МОм				
СП-IV	1,0 (25)	А	470 Ом…4,7 МОм		29	15	–
	0,5 (25)	Б, В	4,7 кОм…2,2 МОм			1	



СП-V	1,0+0,5+0,5	А+А+Б	(10+10+22) кОм	Е6 (20, 30)	29	48	–	
СП-0,4, СП-0,4а	0,4 (25)	А	470 Ом 4,7 МОм		16	12,5	–	

* Данные относятся к одному резистору

Таблица П4 **Переменные проволочные резисторы**

Тип	Номинальная мощность Вт при температуре °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значении (допуск ±%)	Габаритные размеры мм			Внешнии вид
				D (B)	L	h	
ППБ	1,0 (85)	100 Ом 10 кОм	Е6	15,0	12,5	–	
	2,0 (85)		(5 10)	20,0	16,0	–	
	3,0 (85)	2,2 Ом 47 кОм		25,0	22,0	–	
	15,0 (85)			35,0	26,0	–	
	25,0 (85)			35,0	44,0	–	
	50,0 (85)			48,0	67,0	–	
ПП3-40–ПП3-43	3,0 (100)	4,7 Ом 20 кОм	Е6 (5, 10)	23,0	15,0	–	
ПП3-44–ПП3-47	3,0 (70)			23,0	28,6	–	
СП5-1В	1 (70)	100 Ом 10 кОм	Е6 (5)	8,5	35	6,5	
СП5-1В1							
СП5-2	1 (70)	100 Ом 47 кОм	Е6	13	13	7,9	
СП5-2В		3,3 Ом 47 кОм	(5 10)	13	13	6,4	
СП5-2ВА	0,5 (70)	3,3 Ом 22 кОм		10	10	5,4	
СП5-2ВБ	0,5 (70)	3,3 Ом 22 кОм		10	10	6,3	
СП5-3	1,0 (70)	100 Ом 47 кОм		13	13	5,4	
СП5-3В	1 (70)	3,3 Ом 47 кОм		13	13	5,9	

Продолжение табл П4

Тип	Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С	Диапазон номинальных сопротивлений	Ряд промежуточных значений. (допуск, ±%)	Габаритные размеры, мм			Внешний вид
				D (B)	L	h	
СП5-3ВА	0,5 (70)	3,3 Ом…22 кОм	Е6 (5; 10)	10	10	5,4	
СП5-4В, СП5-4В1	1 (70)	100 Ом…10 кОм	Е6 (5)	14	35	7	
СП5-14	1 (70)	10 Ом…47 кОм	Е6 (10)	7	32	16,5	
СП5-15	1 (70)	10 Ом…47 кОм	Е6 (10)	7	32,5	9,5	
СП5-16ВА	0,25 (70)	3,3 Ом…22 кОм	Е6 (5; 10)	11	9,7	–	
	0,5 (70)	3,3 Ом…33 кОм		13	9,7	–	
	1 (70)	4,7 Ом…100 кОм		16,5	9,7	–	

СП5-16ВБ	0,25 (70)	3,3 Ом…22 кОм	Е6 (5; 10)	11	11,5	–	
	0,5 (70)	3,3 Ом…33 кОм		13	11,5	–	
	1 (70)	4,7 Ом. .47 кОм		16,5	11,5	–	
СП5-16ВВ	0,125 (70)	10 Ом…6,8 кОм		8	6	–	
СП5-16ВГ	0,05 (70)	47 Ом…4,7 кОм		6	4,2	–	
СП5-17	0,5 (100)	4,7 Ом…1 кОм	Е6 (5)	23	–	26 34 38	
СП5-18	0,5 (100)	4,7 Ом…1 кОм	Е6 (5)	23	–	26 34 38	
СП5-20, СП5-20В	2 (85)	4,7 Ом…22 кОм	Е6 (5; 10)	23	14,7	–	

Продолжение табл П4

Тип	Номинальная мощность Вт при темпаратуре °С	Диапазон номинальных сопротиалений	Ряд промежуточных значений (допуск ±%)	Габаритные размеры, мм			Внешний аид
				D (B)	L	h	
СП5-21	0,5 (100)	100 Ом 15 кОм	Е6 (5)	23	21, 31,5, 42, 52,5	–	
СП5-22	1 (70)	10 Ом 47 кОм	Е6 (5, 10)	7	32,5	10,5	
СП5-24	1 (70)	10 Ом 47 кОм		7	32,5	9,5	
СП5-28	1,0 (70)	33 Ом 1 кОм	Е6 (10)	27	26	–	
СП5-30	15,0 (85)	2,2 Ом 47 кОм	Е6 (5, 10)	35	26	–	
	25,0 (85)			35	44	–	
	50,0 (85)			48	67	–	
СП5-35А	1,0 (50)	68 Ом 22 кОм	Е6 (10)	20	16 20 50	–	
СП5-35Б	0,5 (50)	68 Ом 15 кОм		20	16 20 50	–	
СП5-37	75 (70)	47 Ом 3,3 кОм	Е6 (10, 20)	72	86	–	
	80 (70)	10 Ом 15 кОм					
СП5-39	0,5 (85)	100 Ом 47 кОм	Е6 (5, 10)	14,5	30	–	
	0,5 (85)	100 Ом 22 кОм					
	1 0 (85)	470 Ом 47 кОм					
СП5-40А	5,0 (55)	33 Ом 68 кОм	Е6 (10)	55	58	–	
СП5-44	0,5 (70)	1 кОм 47 кОм	Е6 (5 10)	14,5	30	–	
	1,0 (70)						
	2,0 (70)	100 Ом 100 кОм					
СП5-50М	3 (55)	2,2 Ом 22 кОм	Е6 (10)	27	45	–	

Таблица П5 Терморезисторы с отрицательным ТКС прямого подогрева

Тип	Диапазон номинальных сопротиалекний при температуре 20°С	Допуск %	Максимальная мощность при 20°С мВт	Диапазон рабочих температур 20°С	ТКС при 20°С %/°С	Постоянная В К	Постоянная арвмени τ с	Область применения	Внешний аид
Стержневые									
КМТ-1	22 кОм 1 МОм	±20	1000	–60 180	4,2 8,4	3600 7200	85	Измерение и регулирование твмпературы, твмпвратурная компенсация	
ММЕ-1	1 кОм 220 кОм	±20	600	–60 125	2,4 5	2060 4300	85		
СТЗ-1	680 Ом 2,2 кОм	±10, ±20	600	–60 125	3,35 3,95	2870 3395	85		
КМТ-4	22 кОм 1 МОм	±20	650	–60 125	4,2 8,4	3600 7200	115		
ММТ-4	1 кОм 220 кОм	±20	580	–60 125	2,4 5	2060 4300	115		
СТЗ-6	6,8, 8,2 кОм	±10	150	–90 125	2,8 3,2	1200 2400	35		
ММТ-6	10 кОм 100 кОм	±20	50	–60 125	2,4 5	2060 4300	35		
КМТ-10	100 кОм 3,3 МОм	±20	250 в течение 2 с	0 125	≥4,2	≥3600	75	Тепловой контроль	
КМТ-11	100 кОм 3,3 МОм	±20	250 в течение 2 с	0 125	≥4,2	≥3600	10		

Продолжение табл П5

СТ9-1А	150 Ом 450 Ом	–	800	–60 100	–	1600 2000	110	Регулирование температуры, сигнализация, нагреаательные элементы термостатирующих устройств	
Дисковые									
СТ1-2	82, 91, 100, 110 Ом	±5	700	–60 85	4,4 4,9	3800 4200	60 100	Температурная компенсация, изменение и регулирование температуры	
СТ4-2	2,1 кОм 3,0 кОм	–	–	–60 125	4 2 4,8	3170 4120	–	Измерение температуры автотракторных двигателей	
СТ4-15	880 Ом 1,12 кОм	–	–	–60 155	3,4 3,8	2350 3260	–		

Продолжение табл П5

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений при температуре 20°C	Допуск %	Максимальная мощность при 20°C мВт	Диапазон рабочих температур 20°C	ТКС при 20°C %/°C	Постоянная B K	Постоянная времени τ с	Область применения	Внешний вид
КМТ-8	100 Ом 10 кОм	±10, ±20	600	–60 70	4,2 8,4	3600 7200	900	Температурная компенсация	
ММТ-8	1 Ом 1 кОм	±10, 20	600	–60 70	2,4 4	2060 3430	900		
ММТ-9	10 Ом 4,7 кОм	±10, ±20	900	–60 125	2,4 5	2060 4300	–		
КМТ-12	100 ОМ 10 кОм	±30	700	–60 125	4,2 8,4	3600 7200	–	Измерение и регулирование температуры температурная компенсация	
ММТ-12	4,7 Ом 1 кОм	±30	700	–60 125	2,4 4	2060 3430	–		
ММТ-13	10 Ом 2,2 кОм	±20	600	–60 125	2,4 5	2060 4300	100		
КМТ-17в	330 Ом 22 кОм	±10, ±20	300	–60 155	4 2 7	3600 6000	30		
СТ1-17	300 Ом 22 кОм	±10, ±20	300	–60 100	4,2 7	3600 6000	30	Температурная компенсация измерение и регулирование температуры	
СТ3-17	33 Ом 330 Ом	±10, ±20	300	–60 100	3,0 4,5	2580 3860	30		

СТ4-17	1,5 кОм 2,2 кОм	±10	500	–80 100	3,8 4,2	3260 3600	30	Температурная компенсация, измерение и регулирование температуры	
СТ3-23	2,2 Ом 4,7 Ом	±10, ±20	–	0 125	3,1 3,8	2600 3200	–	Температурная компенсация	
СТ3-28	150 Ом 3,3 кОм	±20	–	–60 125	3 4,6	2580 3970	–		
ММТ-15	760 Ом 1,21 кОм	–	–	–60 125	2,4 4	2230 3430	–	Измерение и регулирование температуры, температурная компенсация	
ПТ, ПТ-2	80 Ом 400 Ом	±20	–	–60 150	4,4 4,8	3800 4100	–	Измерение и регулирование температуры	

Продолжение табл П5

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений при температуре 20°С	Допуск %	Макси-мальная мощность при 20°С мВт	Диапазон рабочих температур 20°С	ТКС при 20°С %/°С	Постоянная В К	Постоян-ная времени τ с	Область применения	Внешний вид
ПТ-1	400 Ом 900 Ом	–	–	–60 150	4,1 5,1	3500 4400	–	Датчики автома-тических регули-руемых систем	
ПТ-3	400 Ом 900 Ом	±20	–	–60 150	4,3 4,8	3700 4100	–		
ПТ-4	600 Ом 800 Ом	–	–	–60 150	4,1 4,9	3500 4200	–		
ТР-3	1,2, 12 кОм	±10	1000	–60 125	3,9 4,8	3470 4270	–		
Бусинковые									
КМТ-14	510, 680, 910 Ом 180, 200, 330 кОм 4,3, 7,5 МОм при 150°С	±20	100	–10 300	2,1 2,5 3,4 4,2 3,5 4,3	3600 4510 6120 7480 6300 7300	10 60	Измере-ние и регулиро-вание темпера-туры	
СТ3-14	1,5, 2,2 кОм	±20	30	–60 125	3,2 4,2	2600 3600	4		
МКМТ-16	2,7, 5,1 кОм	±30	40	–60 125	3,8 4,2	3260 3600	10		

СТ1-18 СТ3-18	1,5, 2,2 кОм 22, 33 кОм 1,5, 2,2 МОм при 150°С 680 Ом 3,3 кОм	±20 ±20	45 15	–60 300 –90 125	2,25 5 при 150°С 2,6 4,1	4050 9000 2250 3520	1 13	Измерение и регулирование температуры	
СТ1-19 СТ3-19	3,3 кОм 10 кОм 100, 150 кОм 1,5, 2,2 МОм при 150°С 2,2, 10, 15 кОм	±20 ±20	60 45	–60 300 –90 125	2,35 5 при 150°С 3,4 4,5	4230 7200 2900 3850	3 3		
СТ3-22	1 кОм при 25°С	±30	8	–60 85	3,1 4,2	2700 3700	15	Переменное сопротивление без подвижного контакта	
СТ3-25	1,5 кОм 6,8 кОм	±20	8	–100 125	3,05 4,3	2600 3700	0,4	Измерение и регулирование температуры	

Продолжение табл П5

Тип	Диапазон номинальных сопротивпекний при температуре 20°С	Допуск %	Максимальная мощность при 20°С мВт	Диапазон рабочих температур 20°С	ТКС при 20°С %/°С	Постоянная В К	Постоянная времени τ с	Область применения	Внешний вид
СТ4-16, СТ4-16А	10 кОм 27 кОм 6,8, 10, 15 кОм	±5 ±10 ±1, ±2, ±5	150 180	–60 155 –60 200	3,45 4,45 4,05 4,45	2720 3960 3260 4100	30	Измерение и регулирование температуры, температурная компенсация	
ТР-1	15, 33 кОм	±10, ±20	20, 50	–60 155	3,8 4,4	3200 3900	5 10		
ТР-2	15, 33 кОм	±10, ±20	20, 50	–60 155	3,8 4,4	3200 3900	5 10		
ТР-4	1 кОм	±20	70	–60 200	1,8 2,2	1600 1960	3	Измерение и регулирование температуры, температурная компенсация, сигнализация уровня жидкости	

Таблица П6 **Терморезисторы с отрицательным ТКС – измерители мощности СВЧ**

Тип	Сопротивление в основной рабочей точке Ом	Максимальная мощность в рабочей точке МВт	Диапазон рабочих температур 20°С	Чувствительность в рабочей точке Ом/мВт	ТКС при 20°С %/20°С	Постоянная В К	Постоянная времени τ с	Внешний вид
Т8Д	140 160	15	–60 80	20 30	1,7	1500	1	
Т8Е	140 160	10		30 70	–	1500		
Т8М	180 220	11		60 110	–	–		
Т8Р	115 135	12		10 19	0,8	–		
Т8С1	110 130	24		10 40	–	–		
Т8С2	140 150	19		12 25	–	–		
Т8С3	140 160	23		10 50	–	–		
Т8С1М	110 130	24		10 40	–	–		
Т8С2М	140 160	19		12 25	–	–		
Т8С3М	140 160	23		10 50	–	–		
Т9	115 135	19		10 40	–	–		
ТШ-1	150	12	–60 85	–	0,6 3,4	1400	0,8	
ТШ-2	150	17,5		–	0,3 2,3	1850	1,3	
СТ3-29	2,2 кОм при 20°С 200 в нагретом состоянии	31	–60 85	10 16	3 15 3,85	2700 3300	0,6 0,7	
СТ3-32	2,2 кОм при 20°С 150 в нагретом состоянии	18,6	–60 70	20 30	3,15 3,85	2700 3300	0,6 0,7	

Примечание Под чувствительностью терморезистора в рабочей точке при температуре окружающей среды 20°С понимается изменение сопротивления терморезисторе при изменении мощности рассеяния на 1 мВт

Таблица П7. **Терморезисторы прямого подогрева – стабилизаторы напряжения**

Тип	Номинальное напряжение, В	Общий предел стабилизации по напряжению, В	Максимально допустимое изменение напряжения, В	Средний рабочий ток, мА	Рабочая область по току, мА	Предельно допустимая кратковременная (на 2 с) перегрузка, мА	Внешний вид
ТП 2/0,5	2	1,6...3	0,4	0,5	0,2...2	4	
ТП 2/2	2	1,6...3	0,4	2	0,4...6	12	
ТП 6/2	6	4,2...7,8	1,2	2	0,4...6	12	

Таблица П8. **Терморезисторы с положительным ТКС – позисторы**

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений при температуре 20°С	Максимальная мощность, Вт	Диапазон рабочих температур, 20°С	Диапазон температур положительного ТКС, °С	Максимальный ТКС при 20°С, %/°С	Кратность изменения сопротивлений в области положительного ТКС	Постоянная времени τ, с	Область применения	Внешний вид
СТ5-1	20...150 Ом	0,7	–20...200	100...200	20	1000	20	Измерение и регулирование температуры, противопожарная сигнализация, тепловая защита, ограничение и стабилизация тока	
СТ6-1А	40...400 Ом	1,1	–60...155	40...155	10	1000 при 25...140°С	20		
СТ6-1Б	180; 270 Ом	0,8	–60...125	20...125	15	1000 при 25...100°С	20		
СТ6-3Б	1...10 кОм	0,2	–60...125	10...125	15	100 при 25...80°С	10		

СТ6-4Б	100...400 Ом	0,8	–60...125	20...125	15	1000 при 25...100°С	40	*То же*	
СТ6-4Г СТ11-1Г	5...25 кОм 100...300 Ом	0,8 0,8	–60...125 –60...125	–20...125 –20...125	2...6 20...80	5...15 20...80	40 40	Измерение и регулирование температуры	
СТ6-1Б1 СТ6-2Б	100...400 Ом 10...100 Ом	0,8 1,3	–60...100 –60...100	30...100 30...100	15 15	1000 при 25...100°С 1000 при 25...100°С	20 20	Нагревательные элементы и датчики температуры, термостатирование. Огреничение и стабилизация тока	
СТ6-5Б	3...20 Ом	2,5	–60...125	20...125	15	1000	10	Нагревательные элементы и датчики температуры, термостатирование. Ограничение и стабилизация тока	
СТ6-6Б	5...25 Ом	2,5	–60...125	20...125	15	1000	160		

Окончание тебл П8

Тип	Диапазон номинальных сопротивлвкний при температуре 20°С	Максимальная мощность Вт	Диапазон рабочих темпвратур 20°С	Диапазон температур положительного ТКС °С	Максимальный ТКС при 20°С %/°С	Кратность изменения сопротивлений в области положительного ТКС	Постоянная времени τ с	Область применения	Внешний вид
СТ10-1	30 100 кОм	0,3 0,7	–60 70	–20 70	2 4	10	50	Температурная компенсация	
СТ-14-3	80 200 Ом	0,5	–60 175	100 175	–	–	–	Саморегулирующиеся нагревательные элементы СВЧ устройств	
СТ15-2-127 В	15 35 Ом	3, $U_{пред}$ =150 В, I = 24 мА	–60 60	60 160	15	10 000 при 25 160°С	–	В схемах размагничивания масок цветных кинескопов	
СТ15-2-220 В	20 50 Ом	3, $U_{пред}$ =250 В, I = 12 мА	–60 65	60 160	15		–		

Таблица П9 **Терморезисторы с отрицательным ТКС косвенного подогрева**

Тип	Диапазон номинальных сопротивлений при температуре 20°С	Номинальная мощность мВт	Диапазон рабочих температур 20°С	ТКС при 20°С %/°С	Максимальный ток в цепи подогрева мА	Постоянная В К	Постоянная времени τ с	Область применения	Внешний вид
ТКП-20 ТКПМ-20 ТКП-50 ТКПМ-50 ТКП-300А ТКПМ-300А	500 Ом 2,5 кОм 10 кОм	220 200 24	–60 85 –60 65 –60 85	2,2 2,8	40 35 20	1600 2400	45 79 17	Дистанционное управление усилением в электронных системах, рале времени Регулируемые бесконтактные резисторы	
СТ1-21 СТ3-21 СТ1-27 СТ3-27	6,8 кОм 150 кОм 680 ОМ 1,5 кОм 33 кОм 2,2 кОм	60 60 70 70	–60 65 –60 85 –60 85 –60 65	3,25 5,7 5 2,9 4,6 4,3 5,25 3 4 45	25 25 27 26	2880 4920 2560 3640 3690 4510 2560 3840	15 40 15 40 4 6 4 6	Регулируемые бесконтактные резисторы	
СТ1-30	33 кОм	–	–60 65	4,2 5,1	120	3600 4400	6 12	Измерение скоростей газов и жидкостей	
СТ1-31 СТ3-31 СТ3-33	4,7 кОм 660 Ом 660 Ом	194 90 –	–60 85 –60 65 –60 65	– 3,15 3,65 3 4	44 29,1 29,1	3690 4510 2700 3300 2790 3410	6 12 4 5 4 10	Регулируемые бесконтактные резисторы	

Таблица П10 **Варисторы**

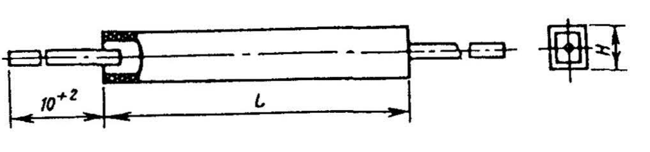
Тип	Номинальная мощность Вт	Диапазон ребочих температур °С	Классификационное напряжение В	Допуск по классификационному напряжению %	Коэффициеент нелинейности β не менее	Классификационный ток, мА	Внешний вид
СН-1-1	1	–40 100	560 680, 820, 1000, 1200 1300, 1500	±10	3,5 4 4,5	10	
СН1-1-2	0,8	–40 100	560 680 1300	±10	3,5 4 4,5	10	
СН1-2-1	1	–40 100	56, 68, 82, 100, 120, 150, 180, 220, 270	±10, ±20	3,5	2	
СН1-2-2	1	–40 100	15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, 100	±10, ±20	3 3,5	3	
СН1-6	2,5	–60 125	33	±10	4	20	
СН1-6	2	–40 70	20 000, 25 000	–	6	25 75	
СН1-9	0,01	–60 170	240, 270, 300, 330, 360	±5	5	0,05	
СН1-10	3	–40 125	15, 18 22, 27, 33, 39, 47	±10	3,2 3,5	10	

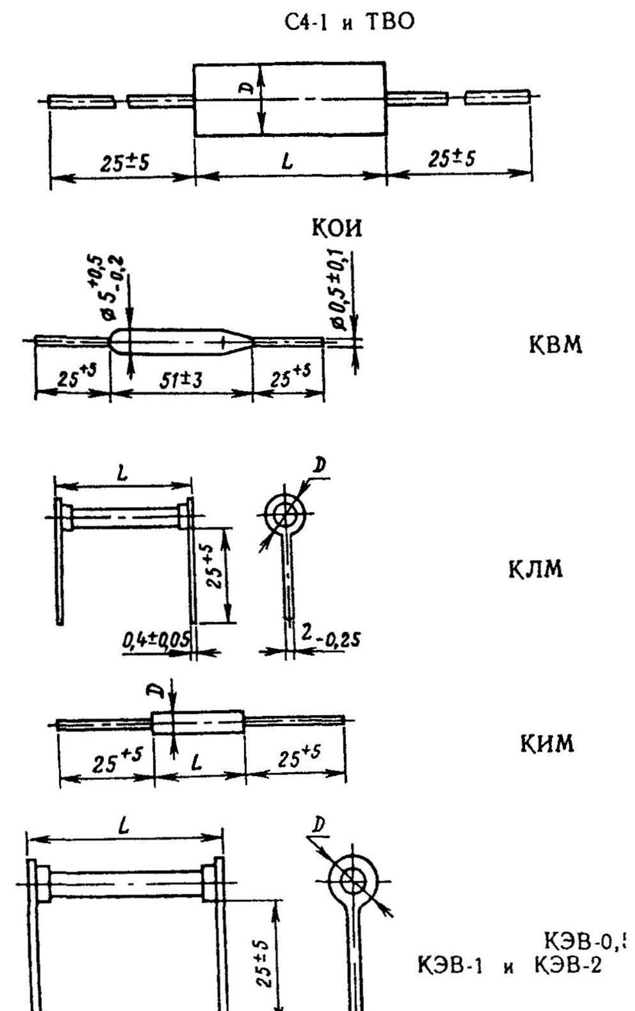
СН1-11	0,25	–60 100	120	±10	4	2	
СН1-12	0,01	–60 170	120, 150, 160, 180, 200, 220, 240, 270, 300, 330	±10	5	0,03	
СН1-14 (переменный)	2	–40 60	8500	–	4,5	0,025 0,075	
СН1-16Б (переменный)	2	–40 170	5400	–	4	0,02 0,06	
СН2-2А	–	–45 85	330, 360, 390, 430, 470, 510, 560, 620, 680, 750, 820, 910, 1000, 1100, 1200, 1300, 1500	±5, ±10, ±20	30	1	
СН2-2Б СН2-2В							
СН2-2Г							
СН2-2Д	–	–45 85	560, 620, 680, 750, 820, 910, 1000, 110, 1200	±5, ±10	30	1	

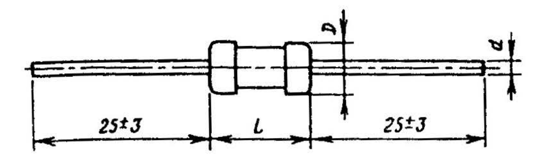
Таблица 111 Магниторезисторы

Тип	Номинальное сопротивление R_0 Ом	Допуск %	Диапазон рабочих температур °С	Магниторезистивное отношение R_B/R_0 не менее в поле с индукцией		Максимально допустимая мощность рассеяния мВт		Внешний вид
				0 5 Т	1 0 Т	без теплоотвода	с теплоотводом	
MR-1	50	±20	–	3,5	7	5	20	
MR-2	75	±20	–	3,5	7	5	20	
MR-3	100	±20	–	3,5	7	5	20	
СМ1-1	22, 33	±20	–60 85	–	6,8, 10	–	0,125	
	68 100					–	0,25	
	150, 220						0,5	
СМ4-1	47	±20	–60 85	3,3	–	6	–	

Габаритные и установочные размеры некоторых типов отечественных резисторов

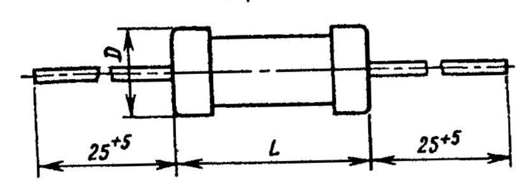




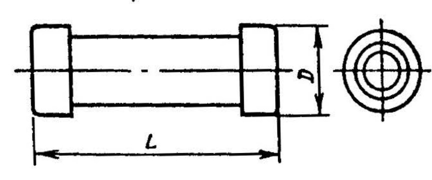


МЛТ, МТ, МУН, ОМЛТ

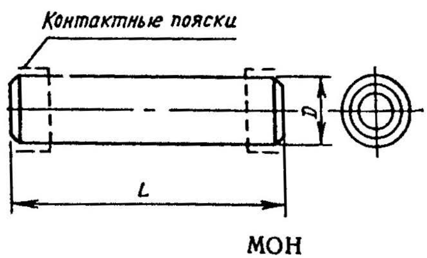
Вариант а



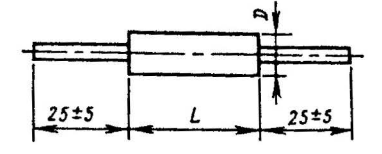
Вариант б



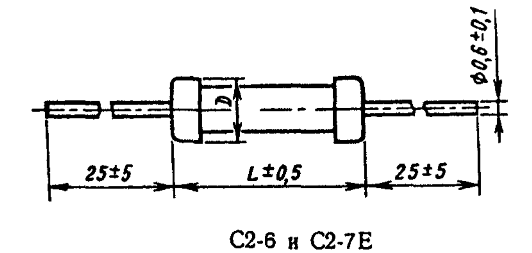
Вариант в



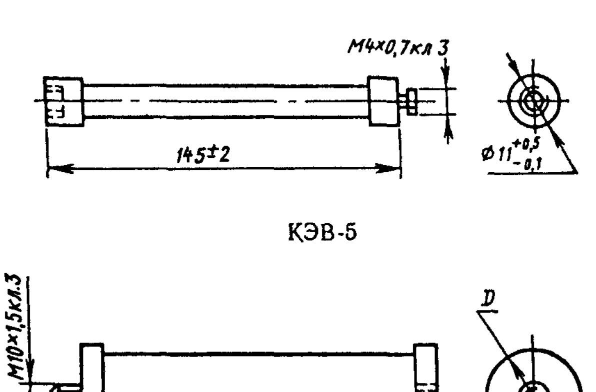
МОН



МГП



С2-6 и С2-7Е



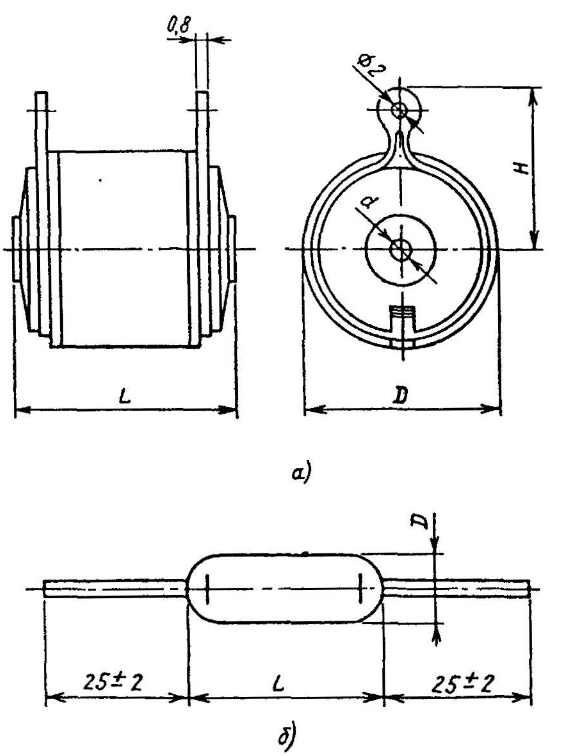
КЭВ-5

M10×1,5кл.3

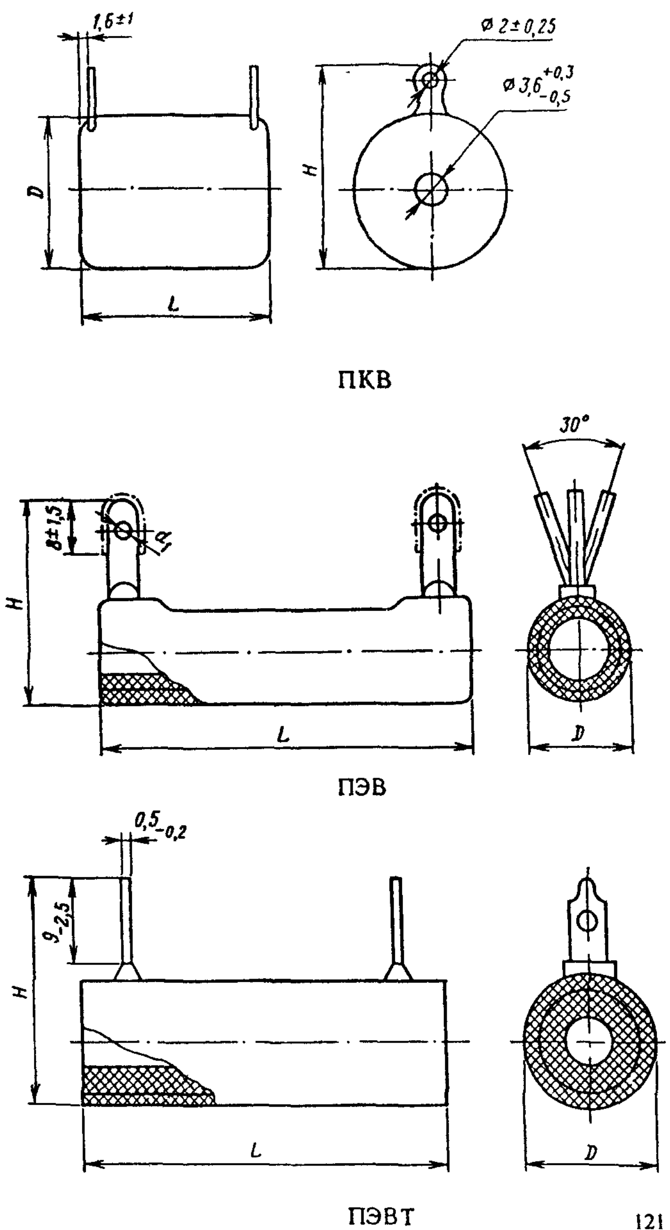
D

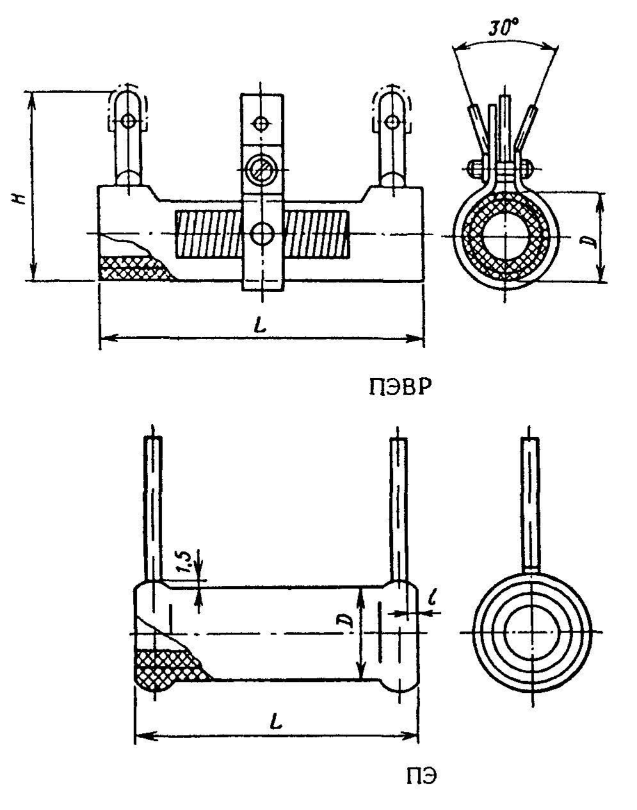
L

КЭВ-10; КЭВ-20; КЭВ-40



ПТ-0,5; ПТ-1; ПТ-1А; ПТ-2 (*а*) и ПТМН (*б*)


1,6±1
Ø 2±0,25
Ø 3,6 +0,3 −0,5
H
D
L
ПКВ
30°
8±1,5
d
H
L
D
ПЭВ
0,5−0,2
9−2,5
H
L
D
ПЭВТ



ПЭВР

ПЭ

5

Вариант конца оси со шлицем

2

3 1

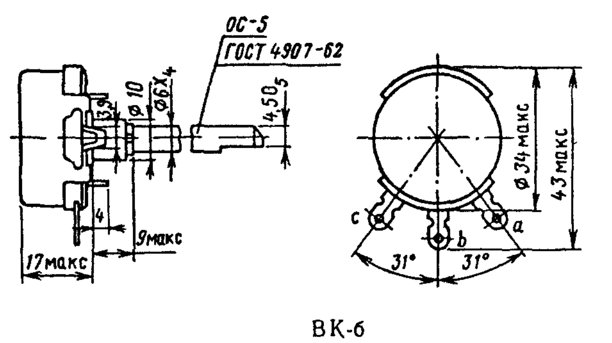
СПО

0,7

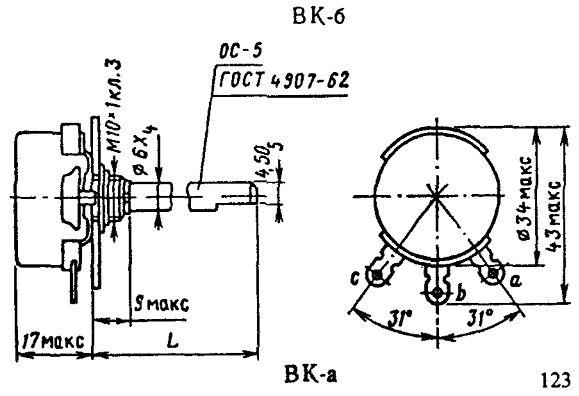
2

3 1

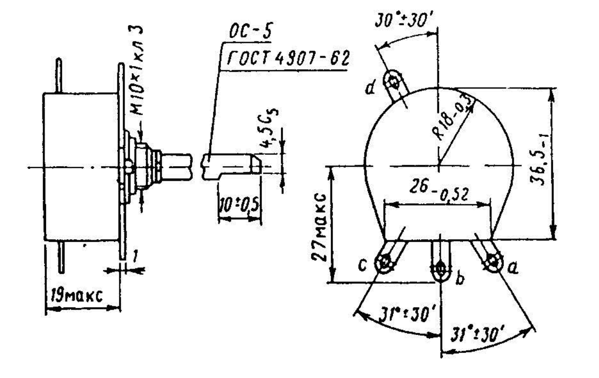
СПОЕ-0,5; СПОЕ-1 и СПОЕ-2



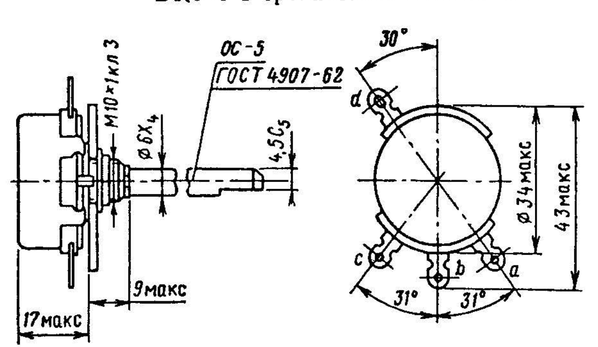
ВК-6



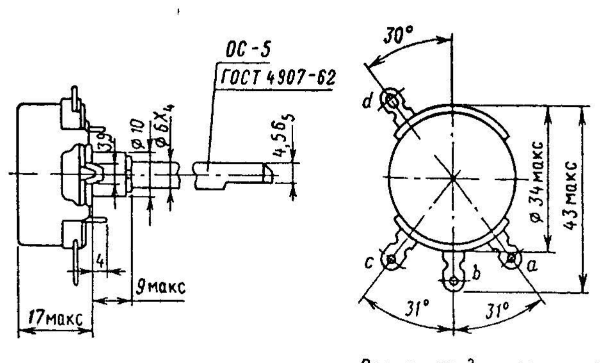
ВК-а



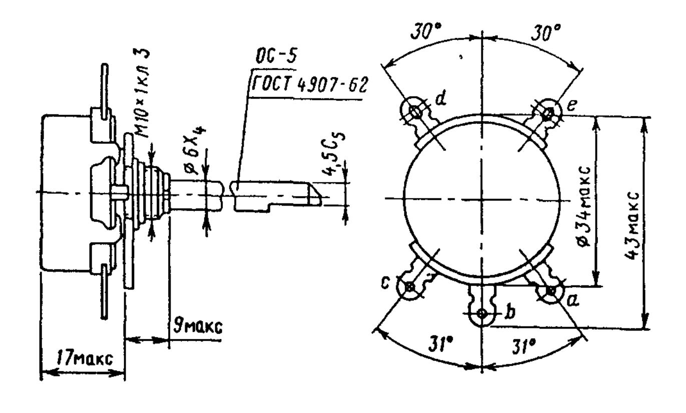
ВКУ-1 в тропическом исполнении



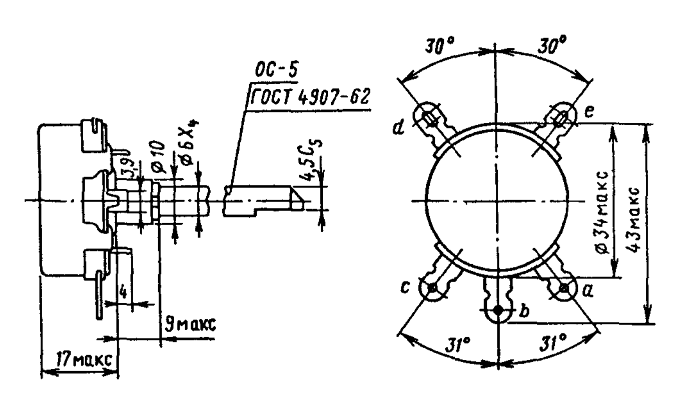
ВКУ-1а



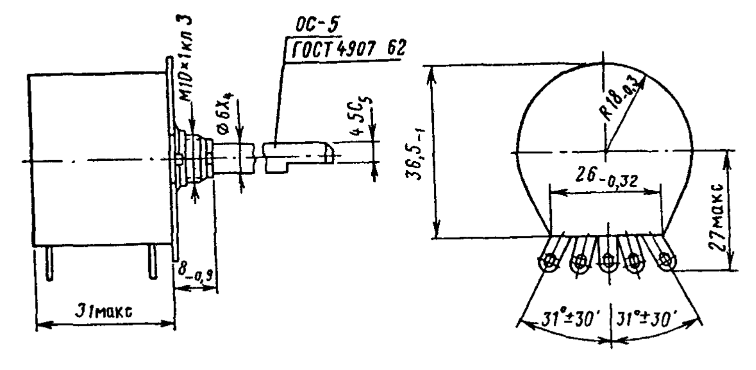
ВКУ-1б



ВКУ-2а

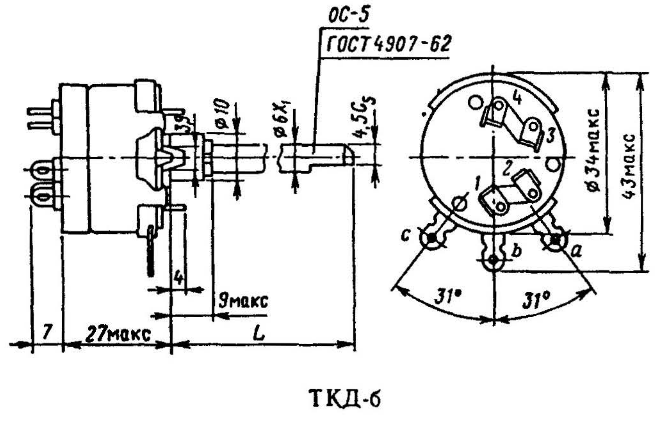


ВКУ-2б

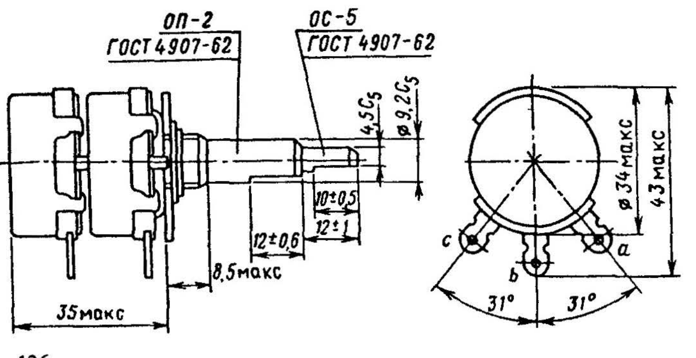


ТК в тропическом исполнении

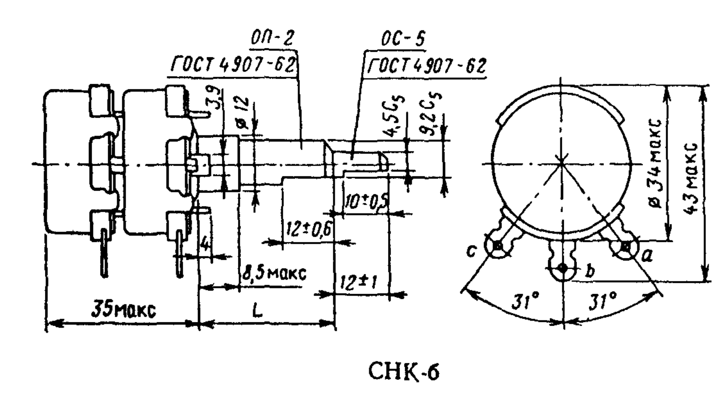
ТКД-а



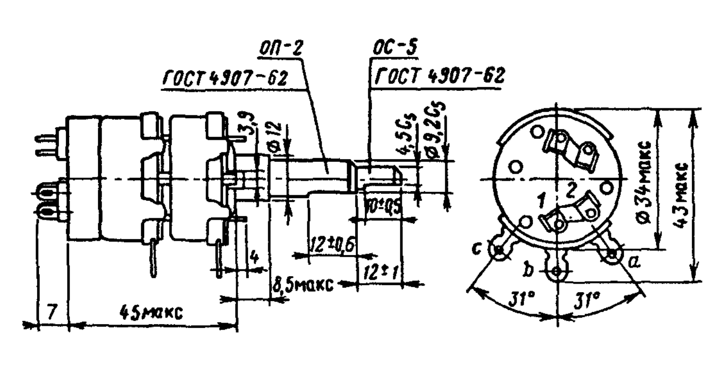
ТКД-б



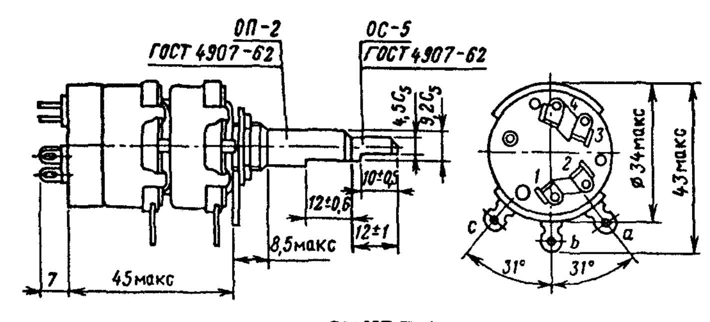
СНК-а



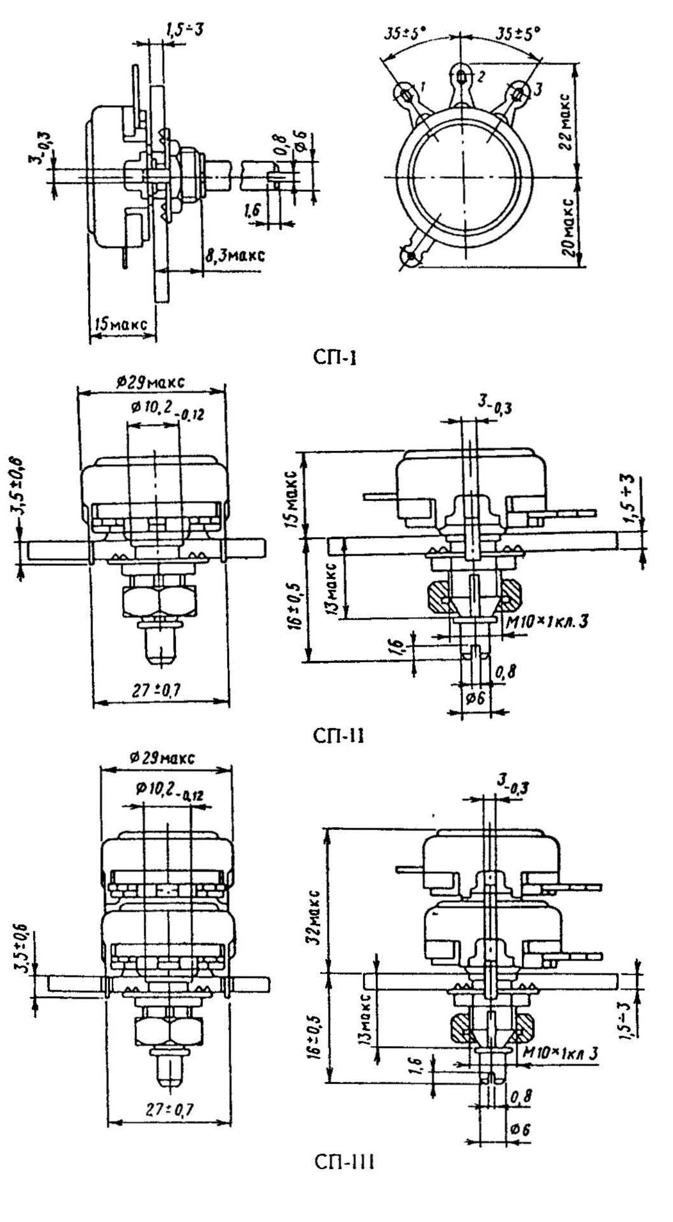
СНК-б



СНКВД-а



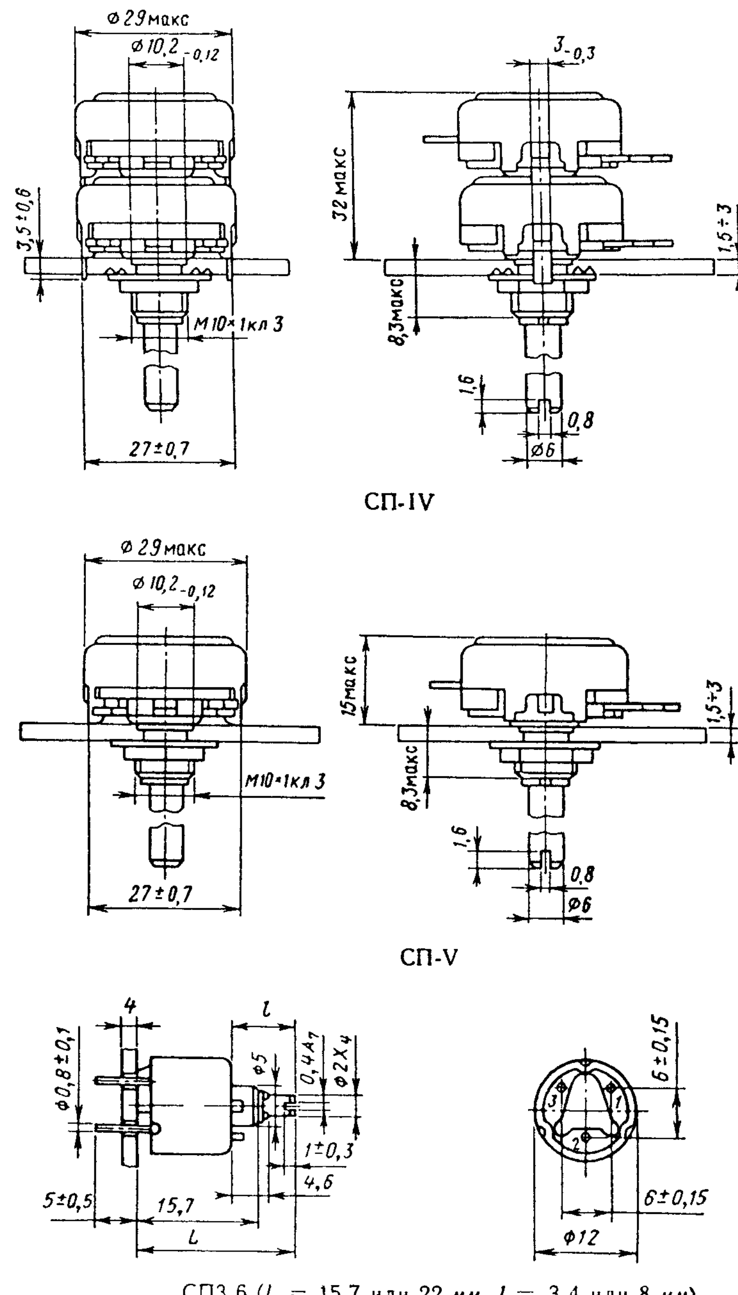
СНКВД-б



СП-1

СП-II

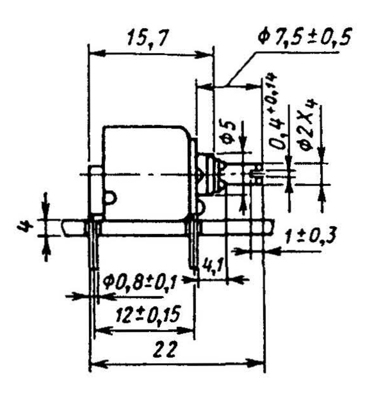
СП-III

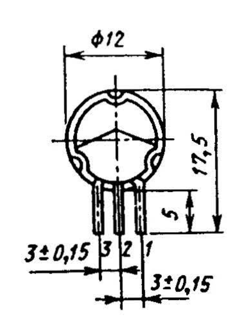


СП-IV

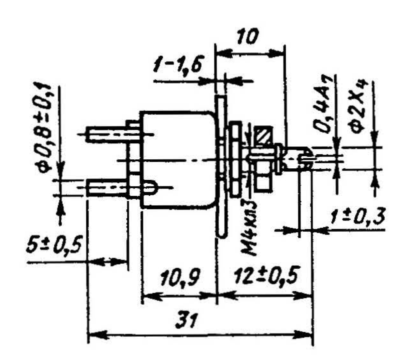
СП-V

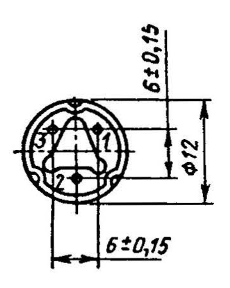
СПЗ 6 (L = 15,7 или 22 мм, l = 3,4 или 8 мм)


15,7
Φ7,5±0,5
Φ5
0,4+0,14
Φ2X4
4
1±0,3
4,1
Φ0,8±0,1
12±0,15
22

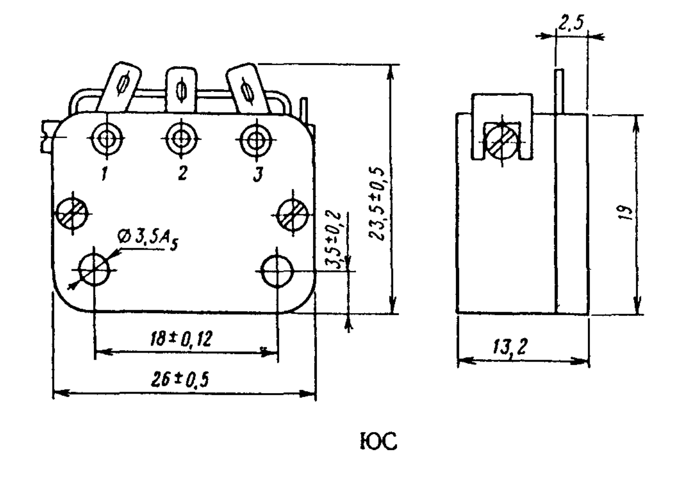

Φ12
17,5
5
3±0,15
3
2
1
3±0,15

СП3-6а


10
1-1,6
Φ0,8±0,1
0,4A7
Φ2X4
М4кл3
1±0,3
5±0,5
10,9
12±0,5
31


6±0,15
Φ12
3
1
2
6±0,15

СП3-6б



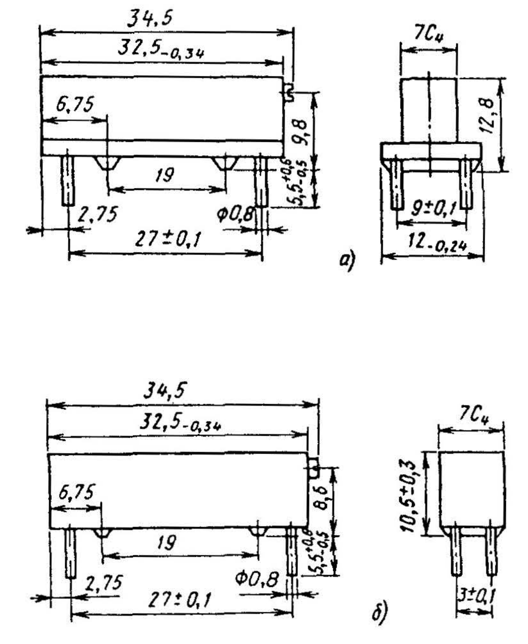
ЮС

30°
30°
51±1
43,5±0,1
M10×1кл.3
ø 6-0,1
5 макс
Вариант оси со шлицем
12,5
1
1,5
37,5±1,5
L
Вариант оси с лыской
6±0,4
ø 6-0,1
4,5

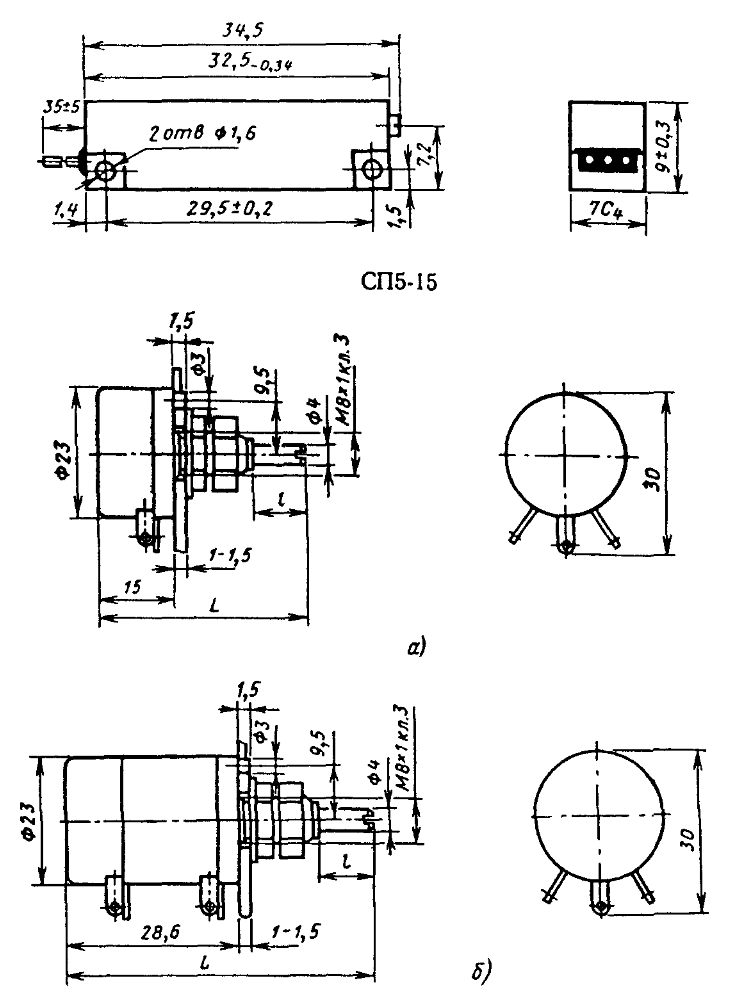
РП-25

37°
37°
М10×1кл3
8
5,5
89,5±2,5
86±2,5

РП-80



СП5-11 (*а*) и СП5-14 (*б*)



СП5-15

ППЗ (40, 41, 43) (*а*) и ППЗ (44, 45, 47) (*б*)

Таблица П12 **Основные характеристики и назначение отечественных переменных непроволочных резисторов**

Тип Резистора	Регулировочные	Подстроечные	Для навесного монтажа	Для печатного монтажа	Для горизонтальной установки	Для вертикальной установки	Одинарные	Сдвоенные	Строенные	Счетверенные	Без дополнительных отводов	С одним отводом	С двумя отводами	С четырьмя отводами	С общей осью управления	С раздельными осями	Однооборотные радиальные	Многооборотные «червячные»
СП2-2	x	x	x				x				x						x	
СП2-3		x	x	x			x				x						x	
СП2-5	x						x				x						x	
СП2-6	x						x	x			x				x	x	x	
СП3-1		x		x	x	x	x				x						x	
СП3-3	x		x	x	x	x	x				x						x	
СП3-3Д	x			x	x		x				x						x	
СП3-4М	x		x	x	x		x	x			x				x		x	
СП3-6	x			x	x	x	x				x						x	
СП3-9	x	x	x				x				x						x	
СП3-9К	x	x	x				x				x						x	
СП3-10М	x		x				x	x			x					x	x	
СП3-12	x		x				x	x			x	x	x		x	x		
СП3-14	x		x				x							x			x	
СП3-16	x	x	x	x	x	x	x				x						x	
СП3-19		x		x		x	x											
СП3-21		x		x		x	x		x		x					x	x	
СП3-22		x		x	x	x	x				x						x	
СП3-23	x		x	x	x		x	x			x	x	x		x	x		
СП3-24		x		x	x		x				x							x
СП3-25	x		x					x			x					x	x	
СП3-26		x		x		x	x				x						x	

СП3-27		x		x	x	x	x				x						x	
СП3-28		x		x	x	x	x				x						x	
СП3-29	x			x	x	x	x				x						x	
СП3-30	x		x				x	x			x	x	x		x	x	x	
СП3-31	x	x	x				x				x						x	
СП3-33	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x		x	x	x	
СП3-35	x		x				x				x						x	
СП3-36		x		x	x		x				x							x
СП3-37		x	x				x				x							x
СП3-38		x		x	x	x	x				x						x	
СП3-40		x		x	x		x				x							x
СП3-41	x			x		x	x				x						x	
СП3-42		x		x	x		*		x									x
СП3-45	x	x	x				x				x						x	
СП	x	x	x				x	x	x		x				x		x	
СП-0,4	x		x				x				x						x	
СП-0,5у	x		x				x				x						x	
ВК	x		x				x				x						x	
ВКУ	x		x				x					x	x				x	
ТК	x		x				x				x						x	
ТКД	x		x				x				x				x		x	
СП4-1	x	x	x				x				x						x	
СП4-2	x	x	x				x				x						x	
СП4-2М	x	x	x				x				x						x	
СП4-3		x	x				x				x						x	
СП4-4		x		x		x	x					x					x	
СП4-8	x		x				x	x	x	x	x						x	
СП4-10	x		x				x	x	x	x	x						x	
СПО	x	x		x		x	x				x						x	

* Блок из восьми одиночных резисторов для TV-тюнеров и узлов фиксированной настройки на УКВ

Окончания табл П12

Тип рвзистора	Ползунковые	Без стопорной гайки	Со стопорной гайкой	Без выключателя	С однополюсным выключвтелем	С двухполюсным выключателем	Функциональная зависимость (тип криаой)									Номинапьная мощность рассеяния Вт					
							А	Б	В	Д	Е	И	К	Н	С	0 05	0 125	0 25	0 5	1 0	2,0
СП2-2		x		x			x												x	x	
СП2-3		x		x			x											x			
СП2-5		x		x			x												x	x	x
СП2-6		x		x			x	x	x					x				x	x		
СП3-1		x		x			x											x			
СП3-3		x		x	x		x	x	x							x					
СП3-3Д		x		x			x	x								x		x			
СП3-4М		x		x		x	x	x	x							x	x	x			
СП3-6		x	x	x			x										x				
СП3-9		x	x	x			x	x	x									x	x		
СП3-9К		x	x	x			x	x	x									x	x	x	x
СП3-10М		x		x		x	x	x	x									x	x	x	x
СП3-12		x		x		x	x	x	x		x	x					x	x			
СП3-14		x		x			x														
СП3-16		x	x	x			x										x				
СП3-19		x					x												x		
СП3-21		x		x			x											x			
СП3-22		x		x			x										x				
СП3-23	x	x		x			x	x	x		x	x			x	x	x	x	x		
СП3-24		x		x			x	x	x								x	x			
СП3-25		x		x			x	x	x								x	x	x		
СП3-26		x		x			x		x								x	x			

СП3-27		x		x			x										x	x	x	x	
СП3-28		x		x			x										x				
СП3-29		x		x			x													x	
СП3-30		x		x		x	x	x	x		x	x					x	x	x		
СП3-31		x	x	x			x												x	x	x
СП3-33		x		x	x	x	x	x	x						x		x	x			
СП3-35		x		x					x	x							x				
СП3-36		x		x					x								x				
СП3-37		x		x			x													x	
СП3-38		x		x			x										x	x			
СП3-40		x		x					x	x							x	x			
СП3-41		x		x					x							x					
СП3-42		x		x						x						x					
СП3-45		x	x	x			x												x	x	x
СП		x	x	x			x	x	x									x	x	x	
СП-0,4		x		x			x												x		
СП-0,5у		x		x			x												x		
ВК		x		x			x	x	x									x	x		
ВКУ		x							x								x				
ТК		x																x	x		
ТКД		x				x												x	x		
СП4-1		x	x	x			x	x	x									x	x		
СП4-2		x	x	x			x													x	
СП4-2М		x	x	x				x	x										x		
СП4-3		x		x			x										x				
СП4-4		x		x														x			
СП4-8		x		x			x												x	X	
СП4-10		x		x			x												x	X	
СПО		x		x			x												x	x	x

Таблица П13 **Основные характеристики и назначение отечественных переменных проволочных резисторов**

Тип разистора	Регулировочные	Подстроечные	Для навесного монтажа	Для печатного монтажа	Однооборотные	Многооборотные «червячные»	С одной обмоткой (спиралью)	С двумя обмотками (спиралями)	С одним токосъемником	С двумя токосъемниками	С тремя токосъемниками	С двухступенчатыми токосъемниками	Одинарные	Сдвоенные	Строенные
СП5-1В		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-1В1		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-2		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-2В		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-2ВА		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-2ВБ		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-3		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-3В		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-3ВА		x	x	x		x	x		x				x		
СП5-4В		x	x	x		x	x			x			x		
СП5-4В1		x	x	x		x	x			x			x		
СП5-6		x		x	x		x		x				x		
СП5-14		x		x		x	x		x				x		
СП5-15		x	x			x	x		x				x		
СП5-16А		x		x	x		x		x				x		
СП5-16Б		x		x	x		x		x				x		
СП5-16В		x		x	x		x		x				x		
СП5-16Г		x		x	x		x		x				x		
СП5-17		x	x		x		x		x				x		
СП5-18		x	x		x		x		x					x	
СП5-20		x	x		x		x		x				x		

СП5-21	x		x		x		x		x				x	x	x
СП5-22		x		x		x	x		x				x		
СП5-22А		x		x		x	x		x				x		
СП5-24		x	x			x	x		x				x		
СП5-24А		x	x			x	x		x				x		
СП5-28		x		x	x		x		x				x		
СП5-29	x		x		x		x		x				x		
СП5-30	x		x		x		x		x				x		
СП5-35	x		x		x			x	x			x			
СП5-37		x	x		x		x		x				x		
СП5-39	x		x			x	x		x				x		
СП5-40	x		x		x			x			x	x			
СП5-44	x		x			x	x		x				x		
СП5-45		x		x	x			x		X			x		
СП5-46	x		x		x		x		x				x		
СП5-50		x		x	x		x		x				x		
СП5-51		x		x		x	x		x				x		
СП5-53		x	x		x		x		x				x		
СП5-54	x		x		x		x		x				x		
ПП3-40 47	x		x		x		x		x				x	x	
РПБ	x		x		x		x		x				x		
РП 25		x	x		x		x		x				x		
РП 80		x	x		x		x		x				x		
ПП2-11 22	x		x		x		x		x				x	x	
ПП3-1 19	x		x		x		x		x				x	x	

* Резисторы ПП3-13 – одинарные, с однополюсным выключателем

Окончание табл 13

Тип Резистора	Счетверенные	С ограничительным упором	Без ограничительного упора	Со стопорной гайкой	Без стопорной гайки	С общей осью	С разделенными осями	Номинальная мощность Вт												
								0 05	0 125	0 25	0 5	1 0	2 0	3 0	5 0	15 0	25 0	50 0	75 0	80 0
СП5-1В		x			x							x								
СП5-1В1		x			x							x								
СП5-2		x			x							x								
СП5-2В		x			x							x								
СП5-2ВА		x			x						x									
СП5-2ВБ		x			x						x									
СП5-3		x			x							x								
СП5-3В		x			x							x								
СП5-3ВА		x			x						x									
СП5-4В		x			x							x								
СП5-4В1		x			x							x								
СП5-6		x			x						x									
СП5-14		x			x							x								
СП5-15		x			x							x								
СП5-16А		x			x					x	x	x								
СП5-16Б		x		x						x	x	x								
СП5-16В			x		x				x											
СП5-16Г			x		x			x												
СП5-17		x			x						x									
СП5-18		x			x	x					x									
СП5-20		x			x								x							
СП5-21	x	x			x						x									

СП5-22		x			x						x	x								
СП5-22А		x			x								x							
СП5-24		x			x					x		x								
СП5-24А		x			x								x							
СП5-28		x			x							x								
СП5-29		x			x							x	x	x						
СП5-30		x			x·											x	x	x		
СП5-35		x			x						x	x	x							
СП5-37		x			x														x	
СП5-39		x			x						x	x								
СП5-40		x			x		x								x					
СП5-44		x			x							x	x							
СП5-45		x			x					x										
СП5-46		x			x							x	x							
СП5-50		x			x									x						
СП5-51		x			x					x										
СП5-53			x		x					x										
СП5-54		x			x					x										
ПП3-40 47		x		x	x									x						
РПБ		x			x							x	x	x		x	x	x		
РП 25		x			x												x			
РП 80		x			x															x
ПП2-11 22		x		x	x	x							x							
ПП3-1 19		x		x	x	x								x						

2 ЗАРУБЕЖНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

В недалеком прошлом практически все российские (и советские) предприятия радиопромышленности, производившие аппаратуру, а также все предприятия торговли, осуществляющие розничную торговлю как аппаратурой, так и отдельными радиокомпонентами и деталями, пользовались продукцией, производимой на отечественных предприятиях. Незначительную долю составляли изделия, производимые странами-участниками СЭВ и полностью соответствовавшие отечественным ГОСТам, а потому и полностью взаимозаменяемые

Картина коренным образом изменилась в последние годы, когда очень многие отечественные заводы–изготовители радиокомпонентов и деталей либо оказались в странах так называемого ближнего зарубежья, либо перестали существовать по экономическим причинам

Сегодня на российском рынке радиотоваров и радиокомпонентов отечественные изделия составляют лишь незначительную часть, вытесненные более современными, надежными и относительно доступными товарами зарубежного производства

Абсолютное большинство импортных изделий никак не согласуется с требованиями и нормами отечественных стандартов, что вызывает серьезные трудности у конструкторов радиоаппаратуры, работников службы ремонта и сервиса, а также и у радиолюбителей

Учитывая это, при подготовке книги была поставлена задача максимально помочь специалистам и радиолюбителям по возможности осознанно ориентироваться в сегодняшнем ассортименте резисторов зарубежного производства имеющихся на отечественном радиорынке

Понятно, что охватить весь спектр или даже значтельную часть резисторов, которые сегодня можно найти в продаже, практически невозможно Поэтому после тщательного анализа и отбора мы остановились на изделиях фирмы «Vishay Elektronic GmbH», являющейся одним из основных оптовых поставщиков радиокомпонентов на российский рынок Эта фирма напрямую связана с 16-ю европейскими фирмами-производителями радиокомпонентов, в числе которых такие всемирно известные фирмы, как Angstrohm, Aztronic, Dale, Draloric, Foil Resistors Lite-On PSC, Roedersttein, Sfernice, Siliconix, Sprague, Techno, Telefunken, Thin Film, Ultronix Inc , Vishay Ltd , Vitramon

Приводя далее таблицы и рисунки с данными основных типов постоянных и переменных проволочных и непроволочных резисторов этих фирм мы полагаем, что читатели смогут в достаточной мере сориентироваться при выборе нужных по электрическим данным, конструкции и типоразмерам резисторов для той или иной аппаратуры Резисторы большинства других (американских и азиатских) фирм незначительно отличаются от резисторов, поставляемых фирмой «Vishay Elektronic GmbH»

Таблица П14 Параметры резисторов некоторых зарубежных фирм

Фирма Alps Electronics Co., Ltd., Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений, Ом	Допуск на сопротивление, %	Рассеиваемая мощность при 70°С, Вт
Чип-исполнение			
RCH	100 80×10^3 10 80×10^3 2,2 80×10^3	±1 ±5	1,0
PCJ	100 160×10^3 10 160×10^3 100 1×10^6	±1 ±5 ±1	0,5
RCP	10 1×10^6	±2	0,25
RCL	10 10×10^6	±5	0,125
RCM	2,2 10×10^3	±10	0,1

Фирма Chiba Ohm Co., Ltd., Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений, Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение, В
Углеродистые пленочные резисторы				
RD 1/6	10 220×10^3 2,2 1×10^6	±2 ±5	1/6	200
RD 1/4	10 1×10^6 2,2 22×10^6	±2 ±5	1/4	250
RD 1/2	10 1×10^6 2,2 $5,1\times10^6$	±2 ±5	1/2	350

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
Металлопленочные резисторы				
RN 1/6K	10 560×10^3	±1	1/6	200
RN 1/4K	10 560×10^3	±1	1/4	250
RN 1/4C	10 300×10^3	±1	1/4	250
RN 1/2K	10 20×10^6	±1	1/2	350
RN 1/2C	10 560×10^3	±1	1/2	350

Фирма Dale Electronics Inc , США

Постоянные резисторы

Тип резистора	Диапезон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочев напряжение В
Толстопленочные ЧИП-резисторы				
RC540	5 4,7 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,08	40
RC 550	5 4,7 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,10	40
RC 575	5 10 МОм	± 1 2, 5, 10, 20	0,15	70
RC 5100	10 15 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,20	100
RC 5150	10 15 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,35	125
RC 1100	5 7,5 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,40	100
RC 7225	10 15 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,60	200
RC 2010	10 15 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,80	200
PC2512	10 15 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	1,0	200
RC 1206	10 10 МОм	± 1, 2, 5, 10, 20	0,25	100
	10 1 МОм	± 1, 5		
CRCW 0805	5 5 МОм	± 5	0,63	100
	10 2,2 МОм	± 1,5		
CRCW 1206	3 22 МОм	± 5, 10, 20	0,125	200

CRCW 1210	10 1,5 МОм	± 1, 5	0,25	200
	1 320 кОм	± 1		
CRCW 2010	3 320 кОм	± 5	0,5	200
	1 240 кОм	±1		
CRCW 2512	3 240 кОм	± 5	1,0	200
Толстопленочные ЧИП-резисторы с устеновленной недежностью				
RCM 550	1 294 кОм	± 1, 2		
	1 470 кОм	± 5, 10	0,05	40
RCM 575	1 499 кОм	± 1, 2		
	10 1 МОм	± 5, 10	0,10	50
RCM 5100	1 499 кОм	± 1, 2		
	10 1 МОм	± 5, 10	0,10	40
RCM 5150	10 1 МОм	± 1, 2, 5, 10		
PCM 7225	10 1 МОм	± 1, 2, 5, 10	0/225	40
Метеллопленочные резисторы				
CCF-07	10 1 МОм	± 1, 2	0,25	250
	10 2 МОм	± 5		
CCF-50	10 1 МОм	± 1	0,25	200
CCF-5	10 1 МОм	± 1	0,50	250
CCF-60	10 1 МОм	± 1	0,25	300
CMF-50	1 796 кОм	± 1	0,50	200
CMF-5	1 5 МОм	± 1	0,125	250
CMF-07	1 15 МОм	± 2	0,25	250
Мощные резисторы (огнестойкие)				
CPF-1	1 150 кОм	± 1	1,0	250
CPF-2	1 150 кОм	± 1	2,0	350
CPF-4	1 150 кОм	± 1	4,0	500
CPF-5	9 125 кОм	± 1	5,0	700
CPF-75	24 125 кОм	± 1	7,5	1000

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°C Вт	Рабочее напряжение В
Проволочные резисторы				
CW-2	0,1 250 кОм	± 5	5,5	235
CW-2C	1 15 кОм	± 5	3,25	150
CW-2B	1 15 кОм	± 5	3,75	130
CW-5	1 403 кОм	± 5	5,0	265
CW-10	0,1 167 кОм	± 5	13,0	875
CP-2	1 2,4 кОм	± 10	2,0	$65\sqrt{PR}$
CP-3	1 7,5 кОм	± 5	3,0	$150\sqrt{PR}$
CP-5	0,1 8 5 кОм	± 10	5,0	$1200\sqrt{PR}$
CP-7	0,1 18 кОм	± 10	7,0	$350\sqrt{PR}$
CP-10	0,1 30 кОм	± 10	10,0	$540\sqrt{PR}$
CP-15	0,1 30 кОм	± 10	15	$670\sqrt{PR}$
CH-20	0,25 30 кОм	± 10	20	$770\sqrt{PR}$
CPR-5	0,1 4,9 кОм	± 10	5	$155\sqrt{PR}$
CPR-7	0,1 7,2 кОм	± 10	7	$225\sqrt{PR}$
CPR-10	0,1 11 кОм	± 10	10	$330\sqrt{PR}$
CPR-15	0,1 10,2 кОм	± 10	15	$390\sqrt{PR}$
CPR-20	0,2 14,7 кОм	± 10	120	$540\sqrt{PR}$
CPSL-3	0,01 1	± 5	3	–
CPSL-5	0,01 0,1	± 5	5	–
CPSL-7	0,01 0,1	± 5	7	–
CPSL-19	0,01 0,1	± 5	10	–
CPSL-15	0,01 0,1	± 1	15	–

Фирма Fukushima Futaba Electric Co , Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт
Металлоокисные пленочные резисторы			
RNS1	0,22 9,1	±5	1
RSS1	10 47 кОм	±5	1
RNS2	0,22 9,1	±5	1
RSS2	10 100 кОм	±5	1
RNS3	0,22 9,1	±5	1
RSS3	10 100 кОм	±5	1
RNS5	0,22 9,1	±5	1
RSS5	10 68 кОм	±5	1

Фирма Hokuriku Electric Industry Co , Ltd , Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
Металлопленочные резисторы				
RNL	10 510 кОм	± 1, ±2, ±5	0 125	200
	10 1 МОм		0,25	250
	10 1 МОм		0,5	300
RNM	10 1 МОм	± 1, ±2, ±5	0,25	250
	10 1 МОм		0,5	350

Продолжение табл П14

Тип рвзисторв	Диапвзон сопротивлений Ом	Допуск нв сопротивлвнив %	Рвссеивввмвя мощность при 70°С, Вт	Рвбочвв нвпряжвнив, В
RMF	10 1 МОм	± 1, ±2	0,25	250
	10 1 МОм		0,5	350
RNF	10 510 кОм	± 1, ±2	0,125	200
	10 1 МОм		0,25	250
	10 1 МОм		0,5	350
RTL	10 400 кОм		0,25	250
	10 1 МОм	±0,5	0,5	350
	10 2,5 МОм	±1,0	1,0	500
	10 3 МОм	±2,0	2,0	500
RTH	10 400 кОм	±0,05, ±0,1	0,1	200
	10 600 кОм	±0,25, ±0,5	0,125	250
	10 2 МОм	±1,0	0,25	300
	10 3 МОм		0,5	350
	10 5 МОм		1,0	500
RHC	20 1 МОм	± 1	0,1	200
	40,2 2 МОм		0,125	250
	49,2 4,02 МОм		0,25	300
	100 100 кОм		0,5	350
Металлоокисные пленочные резисторы				
MO5	0,22 10 кОм	±2, ±5	0,5	250
	0,22 68 кОм		1,0	250
	0,22 68 кОм		2,0	350
	0,22 100 кОм		3,0	350
FMR	1,0 10 кОм	±5, ±10	0,25	200
	1,0 10 кОм		0,5	250
	1,0 10 кОм		1,0	300
	1,0 5 кОм		2,0	300
	1,0 9 кОм		3,0	350

Углеродистые пленочные резисторы				
NAF	1,0 1 МОм	±5	0,25	250
	1,0 1,5 МОм		0,5	300
NAS	2,2 1 МОм		0,125	200
	2,2 1 МОм	±2	0,167	250
	1,0 1 МОм	±5	0,5	250
	1,0 2 МОм		0,5	350
NAT	2,2 1 МОм	±2, ±5	0,25	250
NAM	10 1 МОм		0,25	200
	10 1 МОм	±5	0,5	300
	10 1 МОм		1,0	350
RD	5,1 1 МОм		0,125	250
	5,1 1 МОм	±1	0,25	300
	5,1 2,2 МОм	±2	0,5	350
	5,1 5,1 МОм	±5	1,0	500
	10 5,1 МОм		2,0	750
HES	10 200 МОм		0,125	150
	10 1 МОм	±1	0,25	250
	10 1 МОм	±2	0,5	350
	10 1 МОм	±5	1,0	500
	10 5 МОм		2,0	500
Углеродистые композиционные резисторы				
HVN	100 кОм 1000 МОм		0,125	250
			0,25	500
		±5	0,5	1000
		±10	0,75	500
		±20	1,0	8000
	150 кОм 1000 МОм		2,0	10000
	200 кОм 1000 МОм		3,0	15000
HVF	1 100 МОм	±10	0,5	1000
		±25	1,0	2000

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивления, %	Рассеиваемая мощность при 70°С, Вт	Рвбочее напряжение, В
		Безвыводные резисторы		
MRD	2,2 1 МОм	±5	0,125	200
	2,2 1 МОм		0,25	250
MRN	10 510 кОм	±1, ±2	0,125	200
	10 1 МОм		0,25	250
MRT	10 4,7 кОм	±5	0,25	250
MMS	0,3 10 кОм	±5, ±10	0,5	500
		ЧИП-резисторы		
CR 1/8	1 20 МОм	J, K, M	0,125	400
CR 1/10	1 20 МОм	J, K, M	0,1	

Фирма Koa Corporation, Япония

Постоянные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление, %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рвбочее нвпряжение, В
		Плоские металлопленочные резисторы		
RN73C2A	1,0 100 кОм	±0,5, 1,0	0,10	100
RN73F2A	51 100 кОм	±0,25	0,10	100
	10 100 кОм	±0,5, 1,0		
RN73C2A	100 100 кОм	±0,25, 0,5	0,10	100

Углеродистые пленочные MELF-резисторы				
RD41B2A	2,2 1 МОм	±5	0,125	150
RD41B2D	1,0 1 МОм	±5	0,20	200
RD41B2E	1,0 2,2 9МОм	±5	0,25	300
Металлопленочные MELF-резисторы				
RN41K2A	100 100 кОм	±1	0,125	150
RN41C2E	.10 1 МОм	±1	0,25	250
RM41B2H	0,2 8,2	±1	0,50	–
Цилиндрические ЧИП-резисторы				
MCR2A	10 330 кОм	±2,5	0,10	150
MCR1A	10 51	5,10	0,040	20
Металлопленочные резисторы с изоляционным покрытием				
SN14K2E	10 2 21 МОм	±0,5, 1,0, 2,0	0,25	250
SN15C2C	49,9 562 кОм	±0,5	0,25	250
SN16K2H	10 1 МОм	±1		
	10 5,05 МОм	±0,5	0,5	350
	10 10 МОм	±1,2	0,50	350
Металлопленочные огнестойкие резисторы с изоляционным покрытием				
SNF2C	0,47	±5	0,25	250
	10 100 кОм	±1		
SNF2E	0,47 100	±5	0,25	300
SNF2H	0,47 100	±5	0,50	400
Металлопленочные резисторы с изоляционным покрытием L-типа				
RN26E2E	49,9 200 КоМ	± 0,5, 1,0	0,25	250
RN26C2H	10 1 МОм	± 0,5, 1,0	0,50	350

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
Высокомегаомные резисторы с изоляционным покрытием				
RK14B2E	100 кОм 22 МОм	±1	0,25	500, 1,25* кВ
	100 кОм 33 МОм	±2,5		
RK14B2H	100 кОм 33 МОм	±1	0,50	700, 2,5* кВ
	100 кОм 51 МОм	±2,5		
RK14B3A	100 кОм 51 МОм	±1		100, 6* кВ
	100 кОм 100 МОм	±2,5		
* Импульсное напряжение				
Прецизионные металлопленочные резисторы с изоляционным покрытием				
RNS 1/6	5,1 750 кОм	± 0,1		
	5,1 1,62 МОм	± 0,25	0,125	200
	0,2 2 МОм	± 0,5, 1,0, 2,0, 5,0		
RNS 1/2	5,1 2 МОм	± 0,1, 0,25	0,50	350
	0,2 11 МОм	± 0,5, 1/0, 2/0, 5/0		
Высокостабильные металлопленочные резисторы с установленной надежностью и изоляционным покрытием				
RLR05	4 7 1 МОм	±1,2	0,125	200
RLR07	10 22,1 МОм	±1,2	0,25	250
RLR20	4,3 3,01МОм	±1,2	0,50	350
RLR32	10 2,7 МОм	±1,2	1,0	500
RLR42	10 2,7 МОм	±1,2	2,0	500
Высокостабильные металлопленочные резисторы с установленной надежностью, опрессованные				
RNC55	47,5 750 кОм	± 0,1, 0,5, 1,0	0,125	200
RNC60	47,5 1 МОм	± 0,1, 0,5, 1,0	0,250	300
RNC70	49,9 1 МОм	± 0,1, 0,5, 1,0	0 750	500

	Высокостабильные металлопленочные резисторы, опрессованные			
Rnc55	49,9 100 кОм	± 0,1	0,100	200
	24,9 100 кОм	± 0,25, 0,5, 1,0		
	100 200 кОм	± 0,05, 0,1, 0б25		
Rnc60	100 750 кОм	± 0,1	0,125	250
	24,9 820 кОм	± 0,25, 0,5, 1,0		
	100 1 МОм	± 0,05, 0,1, 0,25		
Rnc70	24,9 1 МОм	± 0,1	0,500	350
	24,9 2 МОм	± 0,25, 0,1, 0,25		
	Миниатюрные проволочные резисторы			
CW1	1 68	±1,2	1,0	–
	0,1 68	±5,10		
CW3	1 150	±1,2	3,0	–
	0,1 150	±5 10		
CW7	1 220	±1,2		
	0,1 220	±5,10	7,0	–
CW15	1 330	±1,2	15,0	–
	0,1 330	±5,1	150	
	Прямоугольные проволочные резисторы (огнестойкие)			
BGR2N	10 220	±5	2,0	250
	0,33 220	±10		
	1 150	±1		
BWR2N	0,47 150	±2	2,0	250
	0,1 150	±5,10		
	Прямоугольные огнестойкие металоокисные пленочные резисторы			
BSR3N	1 150	±1	3,0	300
	0,22 150	±2		
	0,1 150	±5,10		

Тип резисторв	Дивпазон сопротивлений Ом	Допуск нв сопротивпение %	Рвссеиваемвя мощность при 70°С Вт	Рабочее нвпряжение В
BSR10N	10 75 кОм 100 75 кОм	±5 ±5,10	10	700
Металлоокисные пленочные резисторы (огнестойкие)				
RSF2B RSF4B RSF7B	10 100 кОм 47 240 кОм 100 240 кОм	±5 ±5 ±5	2,0 4,0 7,0	350 500 750
Высоковольтные резистоы				
HRC1 HRC2 HRC5	3,3 5,6 МОм 3,3 5,6 МОм 3,3 5,6 МОм	±10,20 ±10,20 ±10,20	1,0 20 5,0	300, 15* кВ 400, 25* кВ 200, 40* кВ
* Импульсное нвпряжение				
Резисторы большой мощности				
10 PC 30 PC	47 100 кОм 47 100 кОм	±10,20 ±10,20	10,0 30,0	750 1300

Фирма Philips, Нидерланды

Постоянные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
Углеродистые пленочные резисторы				
CR16	1 1 МОм	±5, 10	0,2	150
CR25	1 1 МОм	±5, 10	0,33	250
CR37	1 1 МОм	±5, 10	0,5	350
CR52	1 1 МОм	±5, 10	0,67	500
CR68	1 1 МОм	±5, 10	1,15	750
Стандартные металлопленочные резисторы				
SFR16	10 1 МОм	±5	0,20	–
SFR25	1 10 МОм	±5, 2	0,33	–
SFR30	1 10 МОм	±5, 2	0,50	–
Металлопленочные резисторы-предохранители				
NFR25	1 15 кОм	±5	0,33	–
NFR30	1 15 кОм	±5	0,50	–
Металлопленочные резисторы				
MR16	10 100 кОм	±2, 1	0,25	150
MR25	1 1 МОм	±0,5, 1, 2	0,4	250
MR30	1 1 МОм	±0,5, 1, 2	0,5	350
MR52	4,99 1 МОм	±1	1	500
Специальные металлопленочные резисторы				
MR24D	10 1 МОм	±0,1, 0,25	0,125	200

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
MR34D	10 1 МОм	±0,5, 1	0,25	300
MR54D	10 1 МОм	±0,5, 1	0,5	350
MR74D	10 1 МОм	±0,5, 1	0,75	500
MR24E/C	10 1 МОм	±0,5, 1	0,1	200
MR34E/C	10 1 МОм	±0,5, 1	0,125	250
MR54E/c	10 1 МОм	±0,5, 1	0,25	300
MR74T/C	10 1 МОм	±0,5, 1	0,5	350
Металлопленочные прецизионные резисторы				
VPR24	24 100 кОм	±0,5, 0,02	0,125	–
MPR34		±0,01	0,250	–
MPR24	4,99 1 МОм	±0,5, 0,25	0,250	–
MPR34		±0,40	0,40	–
Высокоомные высоковольтные резисторы				
VR25	220 кОм 22 МОм	±1,5	0,5	1,6 кВ
VR37	220 22 МОм	±1,5, 10	0,25	3,5 кВ
VR68	100 68 МОм	±1,5	1,0	10 кВ
Мощные металлопленочные резисторы				
PR37	2,2 51 кОм	±5	1,6	–
PR52	2,2 51 кОм	±2,5		–
Проволочные резисторы (на керамическом стержне)				
AC04	0,1 33 кОм	±5, 10	4	–
AC05	0,1 33 кОм	±5, 10	4	–
AC07	0,1 33 кОм	±5, 10	7	–
AC10	0,1 33 кОм	±5, 10	10	–
AC15	0,1 33 кОм	±5, 10	15	–
AC20	0,1 33 кОм	±5, 10	20	–

		Проволочные резисторы (не стекловолокнистом стержне)		
ACL01	0,1 12 кОм	±5, 10	1	–
ACL03	0,1 12 кОм	±5, 10	2	–
ACL03	0,1 12 кОм	±5, 10	3	–
		Проволочные резисторы с эмалевым локрытием		
WR0617E	4,7 100 кОм	±5	4	–
WR0825E	4,7 100 кОм	±5	7	–
WR0842E	4,7 100 кОм	±5	11	–
WR0865E	4,7 100 кОм	±5	17	–
		Прямоугольные проволочные резисторы		
EH04	0,15 22 кОм	±5, 10	4	–
EH05	0,15 22 кОм	±5, 10	5	
	0,15 22 кОм	±5, 10	7	
	0,15 22 кОм	±5, 10	9	
	0,15 22 кОм	±5, 10	17	
		Чип-резисторы		
	1 10 МОм	±5, 10, 20	0,125	

Продолжение табл П14

Фирма Riken Dengu Seizo Co , Ltd , Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резисторов	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление, %	Рассеиваемая мощность при 70°С, Вт	Рабочее напряжение В
		Высокостабильные металлопленочные резисторы		
RN55	49,9 100 кОм	± 0,1, 0,25, 0,5, 1,0	0,1	200
RN60	49,9 100 кОм	± 0,1, 0,25, 0,5, 1,0	0,125	250
RN65	49,9 100 кОм	± 0,1, 0,25, 0,5, 1,0	0,25	300
RN70	49,9 1 МОм	± 0,1, 0,25, 0,5, 1,0	0,50	350
RN75	49,9 2 МОм	± 0,1, 0,25, 0,5, 1,0	1,0	500
		Высокопрецизионные резисторы		
RNF55	51,1 100 кОм	± 0,01, 0,025, 0,05	0,1	200
RNF60	51,1 200 кОм	± 0,01, 0,025, 0,05	0,125	250
RNF65	51,1 499 кОм	± 0,01, 0,025, 0,05	0,25	300
RNF70	51,1 1 МОм	± 0,01, 0,025, 0,05	0,5	350
		Изолированные металлопленочные резисторы		
RNK 2E	10 1 МОм	± 0,5, 1,0, 2,0, 5,0	0,25	250
RNK 2N	10 1 МОм	± 0,5, 1,0, 2,0, 5,0	0,5	350
RNK 3A	10 1 МОм	± 0,5, 1,0, 2,0, 5,0	1,0	500
RNL	10 1 МОм	± 1,0, 2,0, 5,0	0,25	250
		Высоконадежные углеродистые пленочные резисторы		
RM 1/8	10 100 кОм	± 1	0,125	150
RM ¼	10 510 кОм	± 1	0,25	250
RM 1/2	10 20 МОм	± 2	0,5	350
RM1	10 3,3 МОм	± 5	1/0	500
RM2	10 4,7 МОм	± 5	2/0	500

RM3	10 10,0 МОм	± 5	3/0	750
RMA ½	10 510 кОм	± 1	0,5	350
RM-A1	10 1 МОм	± 2	1,0	500
RM-A2	10 1 МОм	± 5	2,0	500

Изолированные углеродистые пленочные резисторы

RSN-B 1/6	22 1 МОм	± 5	0,167	200
RSN-B 1/4	10 300 кОм	± 1	0,25	250
	10 1 МОм	± 2,5	0,25	250
RSN-B 1/2	10 1 МОм	± 1,2,5	0,5	350
RSN-B 1/8	10 330 кОм	± 2 для 10 Ом 220 кОм	0,125	150
RSN-B 1/6	2,2 1 МОм	± 5 для 2,2 Ом 1 МОм	0,167	200
RSN-B 1/4	2,2 1,5 МОм	± 2 для 5,1 Ом 1,5 МОм	0,25	250
RSN-B 1/2	2,2 1,5 МОм	± 5 для 2,2 Ом 1,5 МОм	0,5	350

Металоокисные пленочные резисторы

RS 1B	0,2 100 кОм	±5, 10	1,0	350
RS 2B	0,2 100 кОм	±5, 10	2,0	350
RS 3B	0,2 100 кОм	±5, 10	3,0	500
RS 4B	10 100 кОм	±5, 10	4,0	500
RS 5B	10 100 кОм	±5, 10	5,0	750
RS 7B	10 100 кОм	±5, 10	7,0	750

Изолированные высокомегаомные резисторы

HM 1/4	500 кОм 400 МОм	±1 для ≤100 МОм	0,25	500
HM 1/2	500 кОм 400 МОм	±2 для ≤100 МОм	0,5	100
HM 1	500 кОм 10000 МОм	±5 для ≤10000 МОм	1,0	2000
HM 2	500 кОм 10000 МОм	±5 для ≤10000 МОм	2,0	3000
HM 3	500 кОм 10000 МОм	±5 для ≤10000 МОм	3,0	8000

Продолжение табл П14

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
		Герметичные резисторы		
HMG 1/4	10^6 10^{11}	±0,5 и 1 для ≤10^8	0,25	200
HMG 1/2	10^6 10^{11}	±2 для ≤10^9	0,5	250
HMG 1	10^6 10^{11}	±5 для 10^{10}	1,0	350
HMG 2	10^6 10^{11}	±10 для 10^{11}	2,0	350
HMG 4	10^6 10^{11}	±10 для 10^{11}	4,0	500

Фирма Rohm Co , Ltd , Япония

Постоянные непроволочные резисторы

Тип резистора	Диапазон сопротивлений *Ом*	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С *Вт*	Рабочее напряжение В
		ЧИП-резисторы		
MCR10	1,0 10 МОм	± 1, 2, 5, 10	0,1	150
MCR18	–	–	0,125	200
		Безвыводные углеродистые пленочные резисторы		
LLR10	1 1 МОм	± 5	0,125	200
LLR25	1 2,2 МОм		0,25	300
		Углеродистые пленочные резисторы		
R10X	1 1 МОм	± 5	0,125	
	10 220 кОм	± 2		
R20	0,47 2,2 МОм	± 5	0,2	
	10 270 кОм	± 2		

Тип резистора	Диапазон сопротивлений Ом	Допуск на сопротивление %	Рассеиваемая мощность при 70°С Вт	Рабочее напряжение В
R25X	0,47 10 МОм	± 5	0,33	
	10 3,3 МОм	± 2		
R50X	0,47 15 МОм	± 5	0,50	
	10 5,6 МОм	± 2		
R75X	0,47 15 МОм	± 5	0,75	
	10 56 кОм	± 2		
Металлопленочные резисторы				
CRB20	1 1 МОм	± 1	0,20	200
	10 1 МОм	± 0,5		
CRB25	10 2,2 МОм	± 1, ± 0,5	0,25	250
	49,9 1 МОм	± 0,25		
CRB50X	10 2,7 МОм	± 1, ± 0,5	0,5	300
	49,9 680 кОм	± 0,25, ± 0,1		
CRB100	10 1,2 МОм	± 1, ± 0,5	1,0	500
	49,9 680 кОм	± 0,25, ± 0,1		
Металлоокисные пленочные резисторы				
CRH50	0,22 68 кОм	± 2,5	0,50	300
CRH100	0,22 100 кОм	± 2,5	1,0	350
CRH200	0,22 120 кОм	± 2,5	2,0	350
CRH300	0 33 120 кОм	± 2,5	3,0	350

Таблица П15 **Параметры постоянных непроволочных резисторов**

Внешний вид		
Тип	D11, D12, D25	MS-1
Материал резиста и технология	Композиционные толстослойные	Металлопленочные
Номинальная мощность, Вт, по типоразмерам	0603 – 0,10 0805 – 0,125 1206 – 0,25	3715 – 0,25 0,204 – 0,25
Диапазон рабочих температур, °С	–55 + 125	–55 + 125
Диапазон сопротивлений по типам и типораземрам	D11 1E0 10M D12 1E0 10M D25 1E0 27M	E22 10M
Отклонение от номиналв, ±%	0,5 5,0	0,1 5,0
Кратность изменения ТКС	50, 100, 200	15, 25, 50, 100
Стабильность, %	2 1, 0,5	0,5
Габаритные размеры в зависимости от типоразмера, мм	1,55 x 0,85 x 0,45 2,0 x 1,25 x 0,45 3,2 x 1,6 x 0,55	Ø 1,5 x 3,6
Близкие российские аналоги	Р1-12	Р1-11, МОН-0,5

SK-1–SK-8	RK-2	MK-1–MK-8
Углеродистые тонкослойные	Углеродистые тонкослойные	Металлопленочные
0,204 – 0,25 0,207 – 0,35 0,411 – 0,55 0,414 – 0,60 0,617 – 1,1 0,922 – 1,4	0,207 - 0,75	0,204 - 0,4 0,207 - 0,61 414 - 1,0 0,617 - 1,2 0,922 - 1,5
–55 + 155	–55 + 170	–55 + 170
0204 1E0 1M0 0207 1E0 10M 0411 1E0 10M 0414 1E0 47M 0617 1E0 24M 0922 1E0 10M	10E 4M7	0204 E22 10M 0207 1E0 10M 0414 E22 10M 0617 E22 5M1 0922 E22 2M4
2,0 20,0	2,0, 5,0	0,05 5,0
–300 –1500	–300 –1500	5, 10, 15, 25, 50, 100
5, 3, 2, 1	3, 2	0,5, 0,05
∅ 1,6 x 3,6 ∅ 2,5 x 6,0 ∅ 4,0 x 10,0 ∅ 4,1 x 12,0 ∅ 6,0 x 16,5 ∅ 9,0 x 20,0	∅ 2,5 x 6,0	∅ 1,6 x 3,6 ∅ 2,5 x 6,0 ∅ 4,1 x 12,0 ∅ 6,0 x 16,5 ∅ 9,0 x 20,0
ВС-0,25, ВС-0,5, ВСЕ, УЛМ, УЛИ	ВС-1,0	С2-33, МЛТ, ОМЛТ Р1-4

WK-2	WK4–WK8 WR4, WR5	NK2–NK8
Металлооксидные	Металлоокисные	Металлопленочные
0,207 – 1,0	0414 1,5 0617 2,0 0922 4,0 WR4 – 2,0 WR5 – 3,0	0207 0,4 0414 0,7 0617 1,0 0922 1,5
–55 +170	–55 +250	–55 +155
1E0 10M	0414 E18 10M 0617 E18 M56 0922 E22 M10	0207 E10 47E 0414 E10 47E 0617 E10 68E 0922 E10 68E
1,0 5,0	2,0 5,0	5,0 20,0
50, 100, 200	200	+2000 +6000
2	2,0 5,0	1,0
∅2,5 x 6,0	0414 ∅ 4,1x 12,0 0617 ∅ 6,0x 16,5 0922 ∅ 9,0x 20,0	0207 ∅ 2,5x 6,0 0414 ∅ 4,1x 12,0 0617 ∅ 6,0x 16,5 0922 ∅ 9,0x 20,0
С2-6-1, С2-7Е-1	С2-6-2 С2-7Е-2	С2-33, МЛТ, ОМЛТ Р1-4

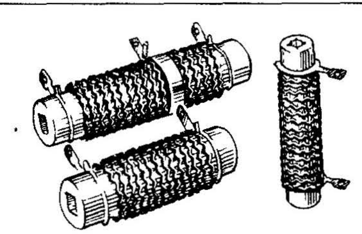
Окончание табл П15

SKS-1–SKS-8	NKS-2–NKS-8	SKP-5
Углеродистые защитные	Металлоплёночные защитные	Углеродистые помехозащитные
0204 0,14 0207 0,3 0309 0,35 0414 0,5 0617 1,0 0922 1,3	0207 0,4 0309 0,5 0414 0,7 0617 1,0 0922 1,5	0617 1,0
–55 +125	–55 +155	–25 +75
0204 10E 5K1 0207 1E0 5K1 0309 1E0 5K1 0414 1E0 5K1 0617 1E0 5K1 0922 1E0 5K1	E10 20E	30E
5,0, 10,0	5 0 10 0	10,0
–3000 –500	+2000 +6000	–
2,5, 1,0	1 0	1,0
0204 ∅ 1,6 x 3,6 0207 ∅ 2,5 x 6,0 0309 ∅ 3,2 x 8,5 0414 ∅ 4,1 x 12,0 0617 ∅ 6,0 x 16,5 0922 ∅ 9,0 x 20,0	0207 ∅ 2,5x 6,0 0309 ∅ 3,2x 8,5 0414 ∅ 4,1x 12,0 0617 ∅ 6,0x 16,5 0922 ∅ 9,0x 20,0	0617 ∅ 6,0x 16,0
С2-10, С2-34	УЛИ-0,5 УЛИ-1 БЛП-0,5 БЛП-1	

Таблица П16 **Параметры постоянных проволочных резисторов**

Внешний вид	
Тип	ZW / FST
Материал резиста и технология	Проволочные цементированные резисторы с ножевыми (вставными) контактами
Номинальная мощность, Вт по типоразмерам	ZW 13/ 64FST 20 ZW 13/ 80FST 25 ZW 13/100FST 35 ZW 20/ 80FST 40 ZW 20/100FST 50
Диапазон сопротивлений по типам и типораземрам	ZW 13/ 64 R91 47K ZW 13/ 80 1R2 – 62K ZW 13/100 1R6 – 82K ZW 20/ 80 1R8 – 91K ZW 20/100 2R4 – 130K
Отклонение от номинала, ±%	10, 5, 2
Кратность изменения ТКС	–80 –10 +100 +180
Габаритные размеры в зависимости от типоразмера, мм	ZW 13/ 64FST 14 x 64,7 ZW 13/ 80FST 14 x 80,8 ZW 13/100FST 14 x 101,0 ZW 20/ 80FST 21 x 80,8 ZW 20/100FST 21 x 101,0

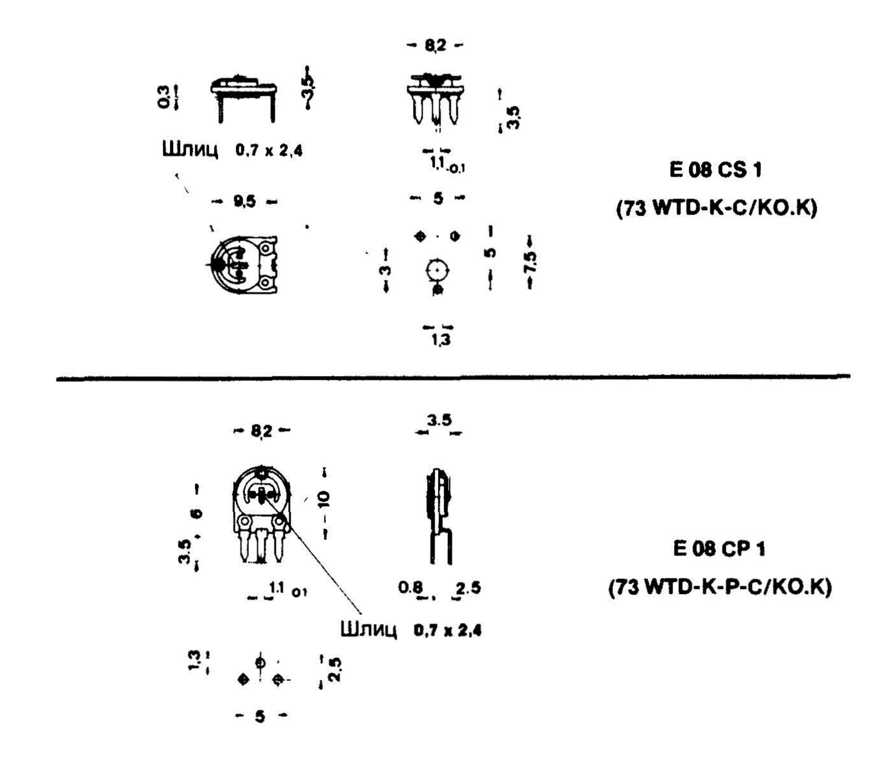
ZWS	ZWS
Проволочные цементированные резисторы с «хомутиковыми» выводами под пайку	
ZWS 6 6 ZWS 8 8 ZWS 12 12 ZWS 15 15 ZWS 20 20 ZWS 35 35	ZWS 50 50 ZWS 100 100 ZWS 150 150 ZWS 250 250 ZWS 30/100 75 ZWS 30/133 110
ZWS 6 R82 13K ZWS 8 R68 – 20K ZWS 12 R62 – 27K ZWS 15 R68 – 33K ZWS 20 R62 – 43K ZWS 35 1R1 – 82K	ZWS 50 1R3 91K ZWS 100 2R7 – 200K ZWS 150 4R7 – 360K ZWS 250 8R2 – 620K ZWS 30/100 2R4 – 180K ZWS 30/133 2R3 – 240K
Отклонение от номинала, ±%	10 5, 2
Кратность изменения ТКС	–80 –10 +100 +180
ZWS 6 8,0 x 46,5 ZWS 8 10,0 x 51,5 ZWS 12 12,6 x 56,5 ZWS 15 12,6 x 64 0 ZWS 20 15,6 x 64,0 ZWS 35 15,6 x 102,0	ZWS 50 23,6 x 102,0 ZWS 100 23,6 x 167,0 ZWS 150 23,6 x 269,0 ZWS 250 34,0 x 335,0 ZWS 30/100 34,0 x 102,5 ZWS 30/133 34,0 x 136,0

	
ZBS	ZBS
Проволочные цементированные резисторы с гофрированными ленточными радиаторами для эффективного охлаждения	
ZBS 20/100 50 ZBS 20/165 100 ZBS 20/265 150 ZBS 30/100 75 ZBS 30/133 110 ZBS 30/165 150	ZWS 50 50 ZWS 100 100 ZWS 150 150 ZWS 250 250 ZWS 30/100 75 ZWS 30/133 110
ZBS 20/100 R13 – 6R2 ZBS 20/165 R27 – 12R ZBS 20/265 R47 – 22R ZBS 30/100 R10 – 8R2 ZBS 30/133 R15 – 12R ZBS 30/165 R20 – 16R	ZBS 30/215 R27 – 24R ZBS 30/265 R30 – 27R ZBS 30/330 R39 – 36R ZBS 45/370 R75 – 56R ZBS 60/370 R91 – 75R
10 5	10, 5
–60 –10 +100 +180 +650 +750	–80 –10 +100 +180 +650 +750
ZBS 20/100 24 x 102 5 ZBS 20/165 24 x 169,0 ZBS 20/265 24 x 272 0 ZBS 30/100 38 x 102 5 ZBS 30/133 38 x 136 5 ZBS 30/165 38 x 169,0	ZBS 30/215 38 x 220,5 ZBS 30/265 38 x 272,0 ZBS 30/330 38 x 338 0 ZBS 45/370 53 x 379,0 ZBS 60/370 66 x 379 0

ZWK	ZWK
Проволочные цементированные резисторы с кольцевыми (вставными) контактными выводами безындукционные	
ZWK 10 — 10 ZWK 15 — 15 ZWK 20 — 20 ZWK 40 — 40	ZWK 60 — 60 ZWK 90 — 90 ZWK 150 — 150
ZWK 6 — R47 – 22K ZWK8 — R47 – 33K ZWK 12 — R75 – 51K ZWK 15 — 1R5 – 100K	ZWK 60 — 1R8 – 130K ZWK 90 — 2R7 – 200K ZWK 150 — 4R7 – 360K
10, 5 2	10 5 2
–80 –10 +100 +180	–80 –10 +100 +180
ZWK 10 — 12 8 x 52,5 ZWK 15 — 15,8 x 62 5 ZWK 20 — 15,8 x 83,0 ZWK 40 — 23,0 x 103 5	ZWK 60 — 23 0 x 124,0 ZWK 90 — 23,0 x 171,0 ZWK 150 — 23,0 x 273,0

Т а б л и ц а П17. **Параметры резистора E08C... (73 WTD-K-C...)**

Материал резиста		Кермет
Материал подвижного контакта		Металл
Диапазон сопротивлений		10E.. 1M0
Допуск, ±%		
нормальный	узкий	
30	20	10E ..47E
20	10	47E...1M0
Форма кривой (характеристика)		Линейная
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		0,5/40 0,33/70
Диапазон рабочих температур, °С		–55...+110
Предельное рабочее напряжение, В		150
ТКС для номиналов: 10E...47E 47E...K10 K10...1M0		 +250×10⁶/°С +150×10⁶/°С +100×10⁶/°С



Т а б л и ц а П18. **Параметры резистора E10C... (73 TWD-K-C...)**

Материал резиста		Кермет
Материал подвижного контакта		Металл
Диапазон сопротивлений		10E ..2M2
Допуск, ±%		
нормальный	узкий	
30	20	10E...47E
20	10	47E...2M2
Форма кривой (характеристика)		Линейная
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		0,75/40 0,5/70
Диапазон рабочих температур, °С		–55...+110
Предельное рабочее напряжение, В		250
ТКС для номиналов: 10E...47E 47E...K10 K10...1M0		 +250×10^6/°C +150×10^6/°C +100×10^6/°C

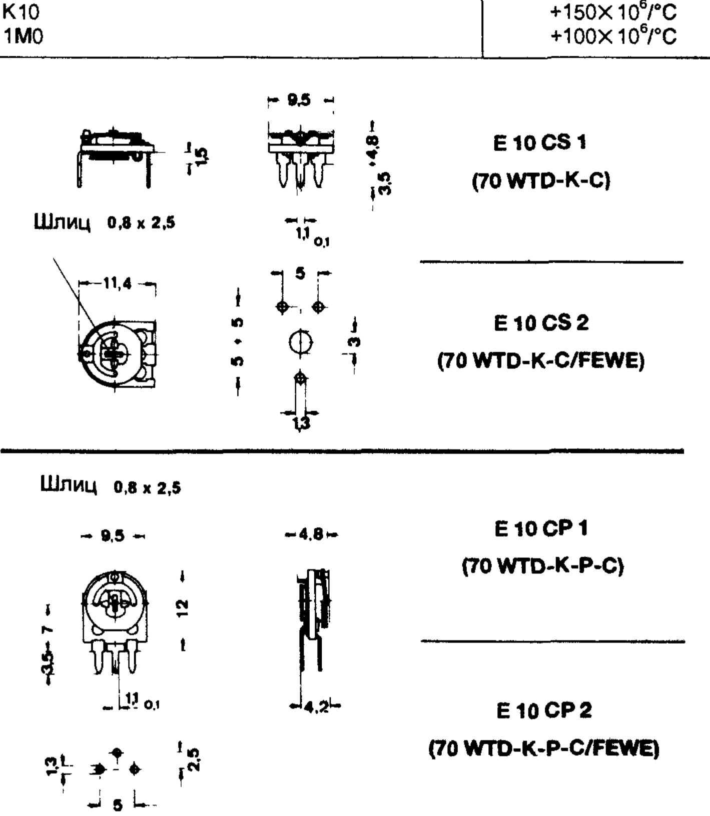
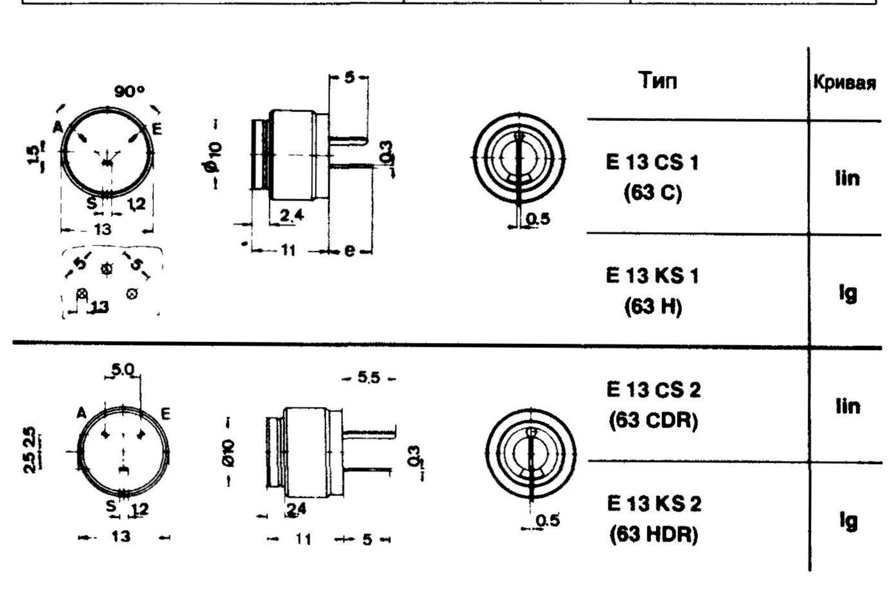


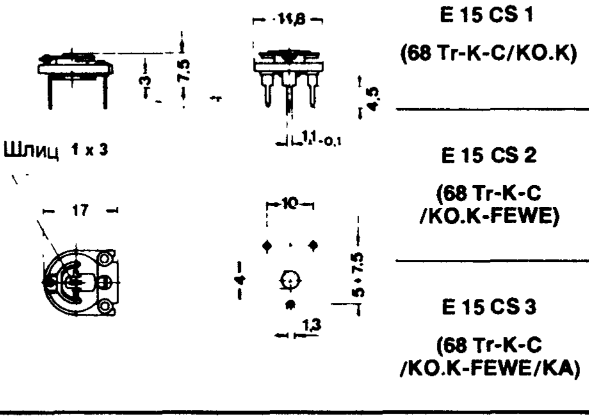
Таблица П19. **Параметры резисторов E13CS, E13KS**

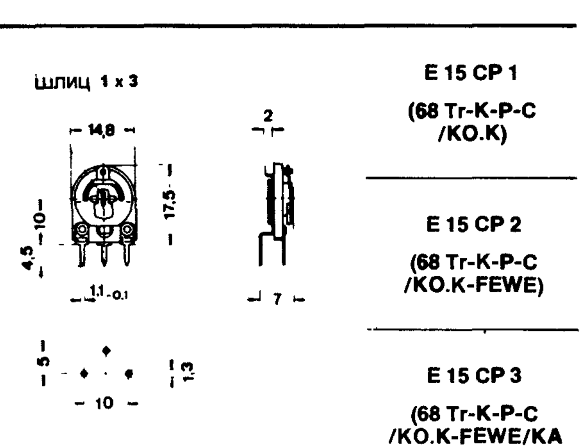
Тип резистора		E13CS	E13KS
Характеристика		Линейная	Логарифмическая и экспоненциальная
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		47E…4M7	1K0…1M0
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	47E…4M7	1K0…1M0
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		1,0/40 0,5/70 0,25/85	0,5/40 0,25/70 0,13/85
Диапазон рабочих температур, °C		–55…+110	–55…+90
Предельное рабочее напряжение, В		350	200
Напряжение изоляции, В		500	350
ТКС для номиналов: 47E…K10 K10…1M0		 $+150\times10^{6}$/°C $+100\times10^{6}$/°C	 +300…-800×10^{6}/°C +300…-1000×10^{6}/°C

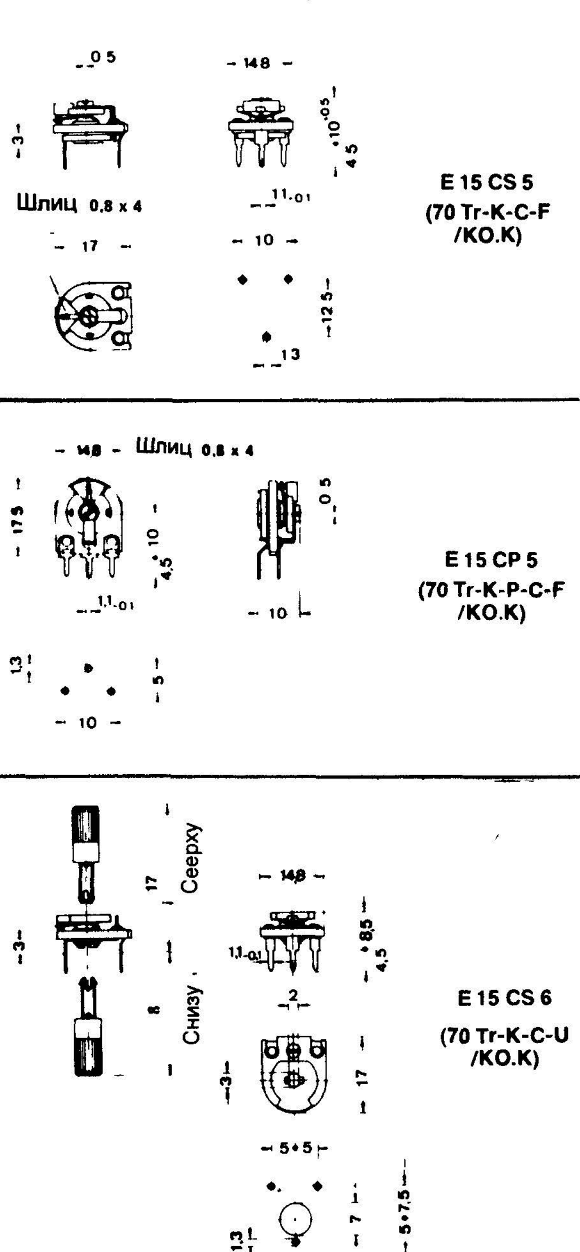


Т а б л и ц а П20. **Параметры резистора E15C... (68Tr-K-C...; 70Tr-K-C...)**

Материал резиста		Кермет
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E...2M2
Допуск, ±%		
нормальный	узкий	
30	20	220E...47E
20	10	47E.. 2M2
Форма кривой (характеристика)		Линейная
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		1,5/40 1,5/70
Диапазон рабочих температур, °C		–55 ..+110
Предельное рабочее напряжение, В		300
ТКС для номиналов: 10E...47E 47E...K10 K10...1M0		 $+250\times10^{6}/°C$ $+150\times10^{6}/°C$ $+100\times10^{6}/°C$






0 5
14 8
3
10
4 5
11.01
Шлиц 0,8 x 4
17
10
12 5
13
E 15 CS 5
(70 Tr-K-C-F
/KO.K)
14,8
Шлиц 0,8 x 4
17 5
10
4,5
0 5
1,1-01
10
1,3
5
10
E 15 CP 5
(70 Tr-K-P-C-F
/KO.K)
Сверху
17
3
Снизу
8
14,8
8,5
4,5
1,1-0,1
2
3
17
5+5
7
5+7,5
1,3
E 15 CS 6
(70 Tr-K-C-U
/KO.K)

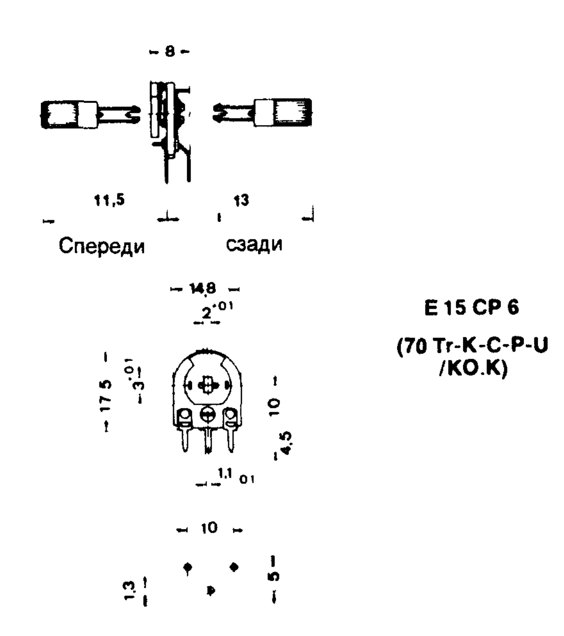
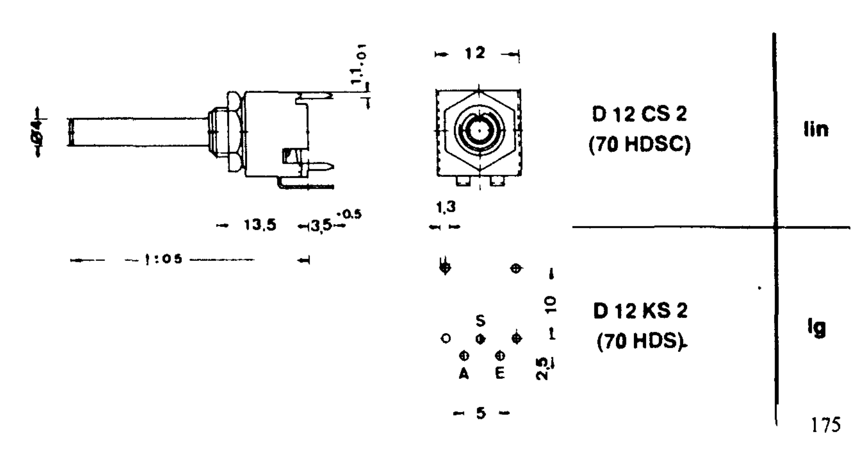


Рисунок к табл П21



Т а б л и ц а П21. **Параметры резисторов D12C (70H-C...), D12K (70H...)**

Тип резистора		D12C (70H-C...)	D12K (70H...)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E...1M0	1K0...M47
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	22E...47E	–
30	20	47E...1M0	1K0...M47
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		0,75/40 0,5/70	0,25
Диапазон рабочих температур, °С		–55...+110	–40...+90
Предельное рабочее напряжение, В		250	100
Напряжение изоляции, В		500	350
ТКС для номиналов: 22E...47E ......47E...K10 K10...1M0		 $+250\times10^{6}$/°С $+150\times10^{6}$/°С $+100\times10^{6}$/°С	 $+300...-1000\times10^{6}$/°С

Тип	Кривая
D 12 CF 1 (70 HC)	lin
D 12 KF 1 (70 H)	lg
С пылезащитным колпачком	
D 12 CF 3 (70 HC/FE.KA)	lin
D 12 KF 3 (70 H/FE.KA)	lg
D 12 CP 2 (70 HDPC)	lin
D 12 KP 2 (70 HDP)	lg
С пылезащитным колпачком	
D 12 CP 3 (70 HDPC/FE.KA)	lin
D 12 KP 3 (70 HDP/FE.KA)	lg

Таблица П22. **Параметры резистора D17... (66Н...С)**

Материал резиста		Кермет
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E...1M0
Допуск, ±%		
нормальный	узкий	
30	20	220E...47E
20	10	47E...1M0
Форма кривой (характеристика)		Линейная
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		1,5/40
Диапазон рабочих температур, °С		1,5/70
Предельное рабочее напряжение, В		300
ТКС для номиналов. 10E...47E 47E.. K10 K10...1M0		 $+250\times10^{6}$/°C0 $+150\times10^{6}$/°C $+100\times10^{6}$/°C

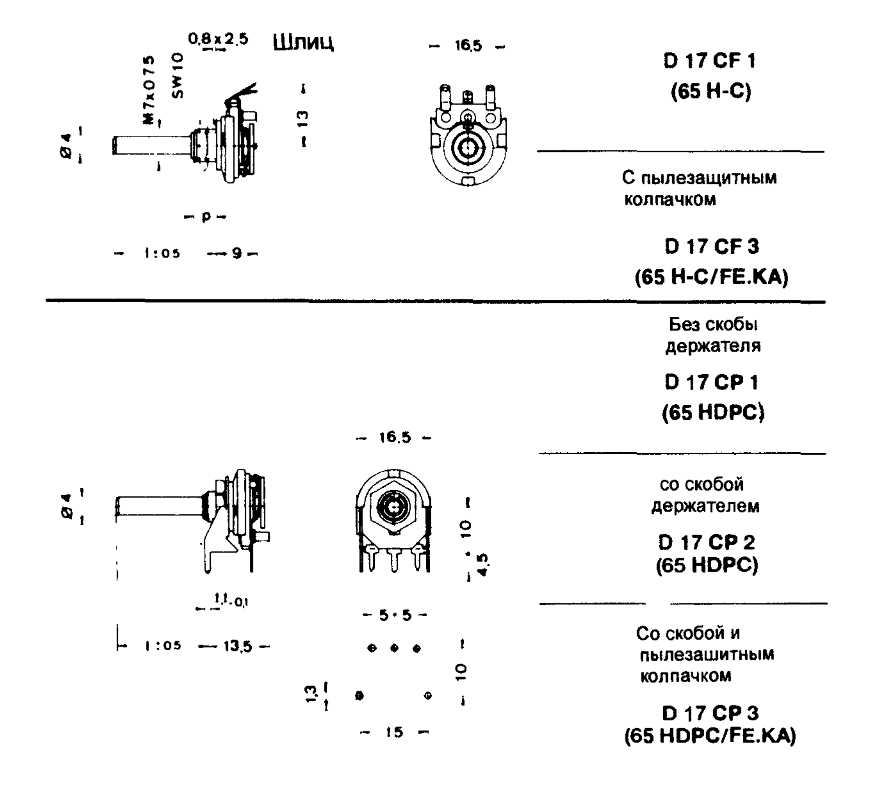
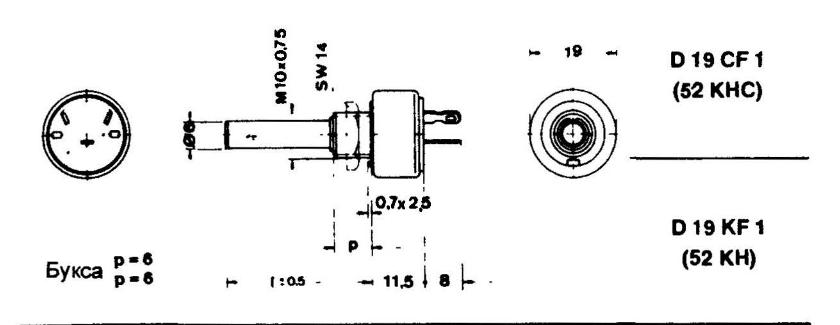


Таблица П23. **Параметры резисторов D19C (52KHS...), D19 (52KH...)**

Тип резистора		D19C (52KHS...)	D19 (52KH...)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E...1M0	1K0...1M0
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	22E...47E	–
20	10	47E...1M0	1K0...1M0
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		3,0/40 2,0/70	1,0
Диапазон рабочих температур, °C		–55...+110	–40...+90
Предельное рабочее напряжение, В		300	200
Напряжение изоляции, В		750	750
ТКС для номиналов: 10E...47E ......47E...K10 K10...1M0		 $+250\times10^{6}$/°C $+150\times10^{6}$/°C $+100\times10^{6}$/°C	 $+300...-1000\times10^{6}$/°C



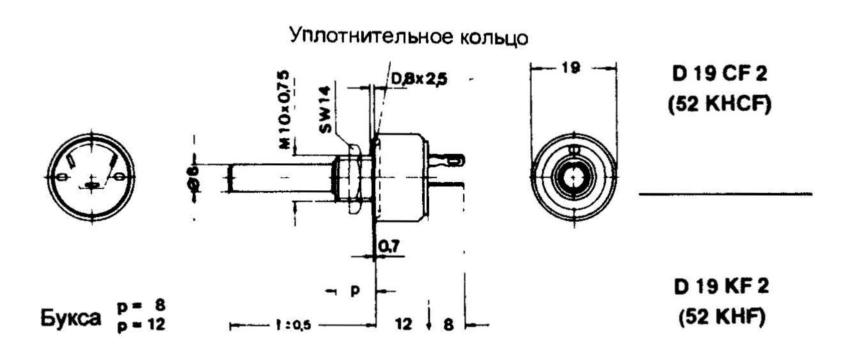
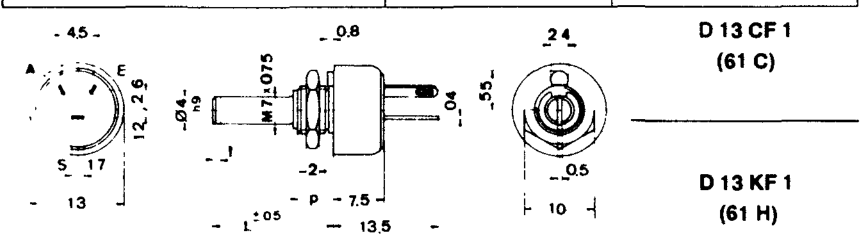


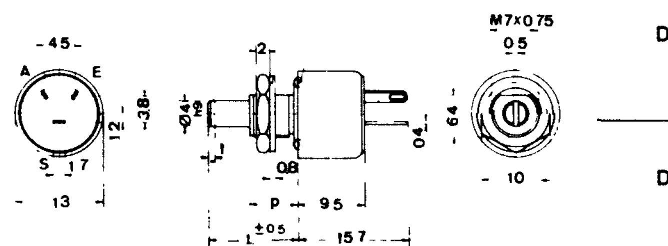
Таблица П24. **Параметры резисторов D13C... (61...), D13k... (61h)**

Тип резистора		D13C .. (61...)	D13k... (61h)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая и экспоненциальная
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		47E ..4M7	1K0...1M0
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
20	10	47E...1M0	1K0...M47
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		1,0/40 0,5/70 0,25/85	0,5/40 0,25/70 0,13/85
Диапазон рабочих температур, °C		–55 ..+110	–55...+90
Предельное рабочее напряжение, В		250	100
Напряжение изоляции, В		500 (50 Гц)	
Сопротивление изоляции, ГОм		10	10
ТКС для номиналов: ......47E...K10 K10...1M0		 +150×10⁻⁶/°C +100×10⁻⁶/°C	 +300...–800×10⁻⁶/°C +300...–1000×10⁻⁶/°C



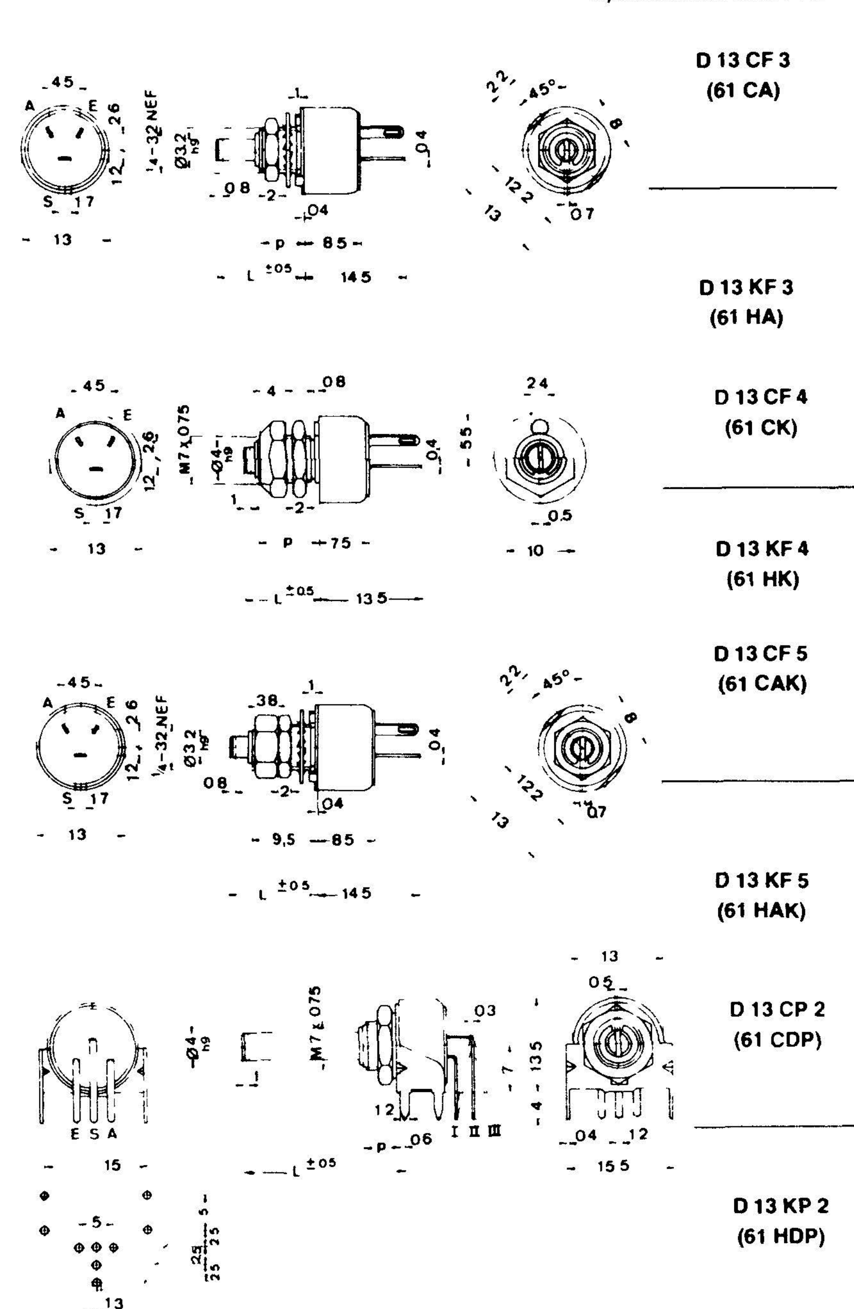
Размеры:

Букса	p = 5 mm;	Ось	L = 7 D	(D – ось со шлицем; A – ось с «лыской»)
	p = 5 mm;		L = 12 D	
	p = 5 mm;		L = 32 A	
	p = 8 mm;		L = 32 A	
	p = 8 mm;		L = 50 A	



D 13 CF 2
(61 CF)

D 13 KF 2
(61 HF)


D 13 CF 3
(61 CA)
D 13 KF 3
(61 HA)
D 13 CF 4
(61 CK)
D 13 KF 4
(61 HK)
D 13 CF 5
(61 CAK)
D 13 KF 5
(61 HAK)
D 13 CP 2
(61 CDP)
D 13 KP 2
(61 HDP)

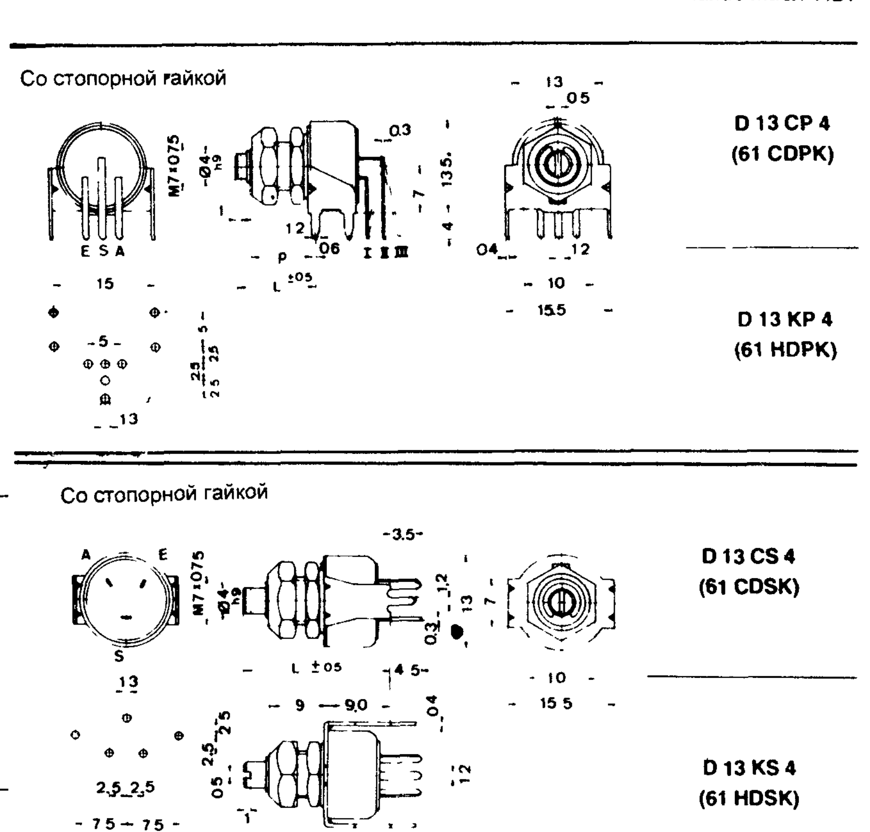
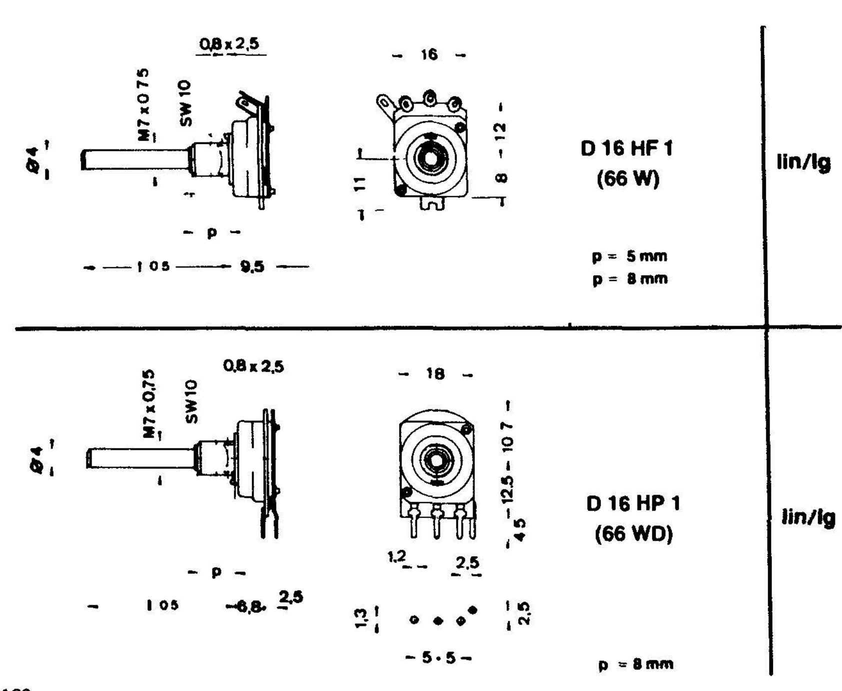
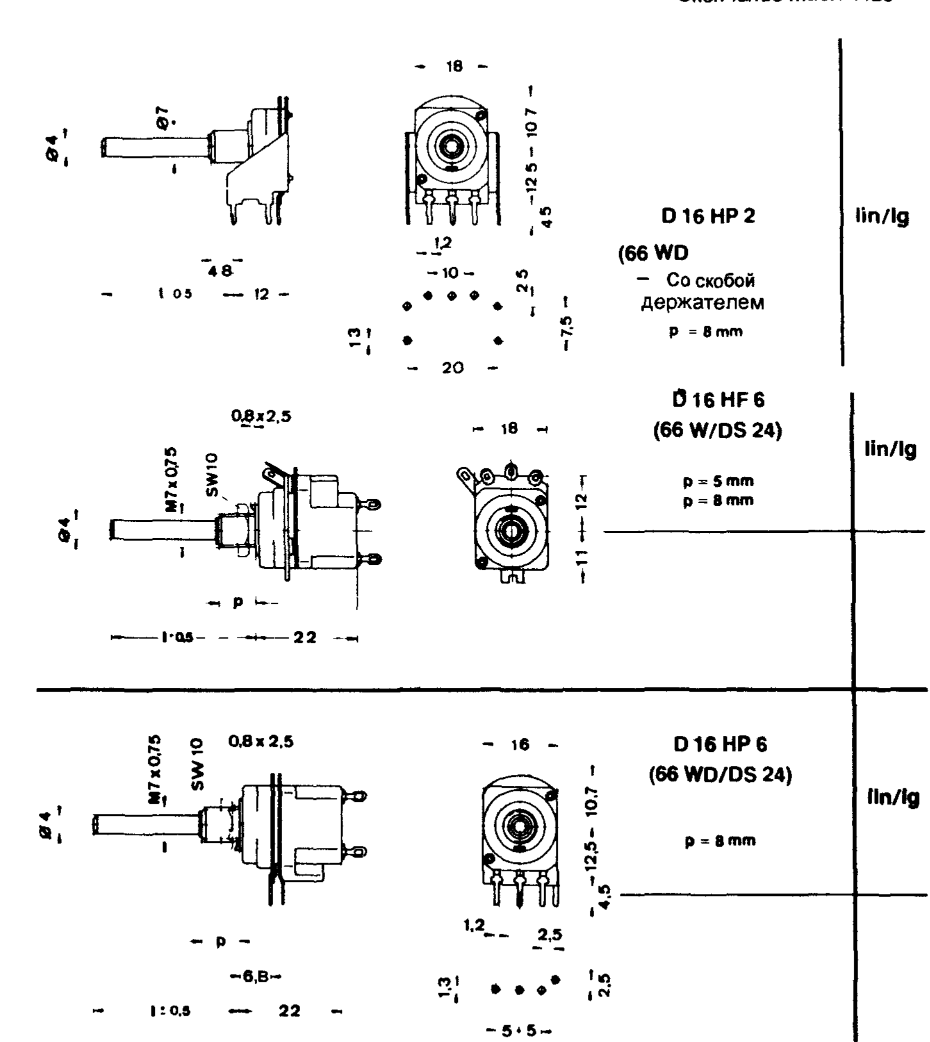

Со стопорной гайкой
D 13 CP 4
(61 CDPK)
D 13 KP 4
(61 HDPK)
E S A
M7×075
Ø4 h9
0.3
12
06
p
L ±05
15
5
2.5
13
13.5
7
4
05
04
10
15.5
Со стопорной гайкой
D 13 CS 4
(61 CDSK)
D 13 KS 4
(61 HDSK)
A
E
S
13
3.5
1.2
0.3
L ±05
4 5
9
9.0
0.4
10
15 5
2.5 2.5
7 5
7 5
05
1
12

Таблица П25 **Параметры резисторов D16H...lin (66W...lin), D16H...log (66W...log)**

Тип резистора		D16H lin (66W lin)	D16H log (66W log)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		K10 10M	1K0 4M7
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	47E K10	–
20	10	K10 1M0	K10 1M0
30	20	1M0 4M7	1M0 4M7
–50 –30	30	4M7 10M	–
Выключатель сети		Одиночный типа DS24 на 2 A	
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		0,15	0,08
Диапазон рабочих температур, °C		–25 +70	–25 +70
Предельное рабочее напряжение, В		200	150
Напряжение изоляции, В		500	
Угол поворота оси, ° выключателя резистора суммарный		 40 270 310	 40 270 310

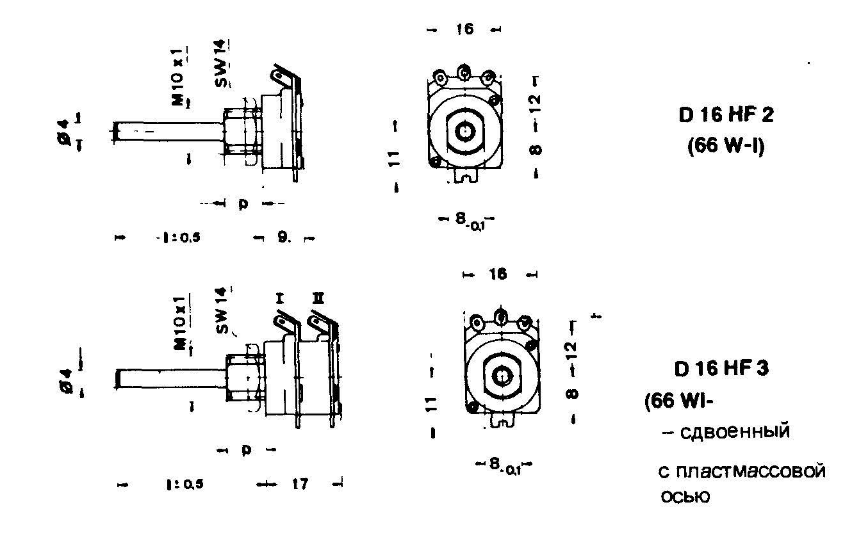


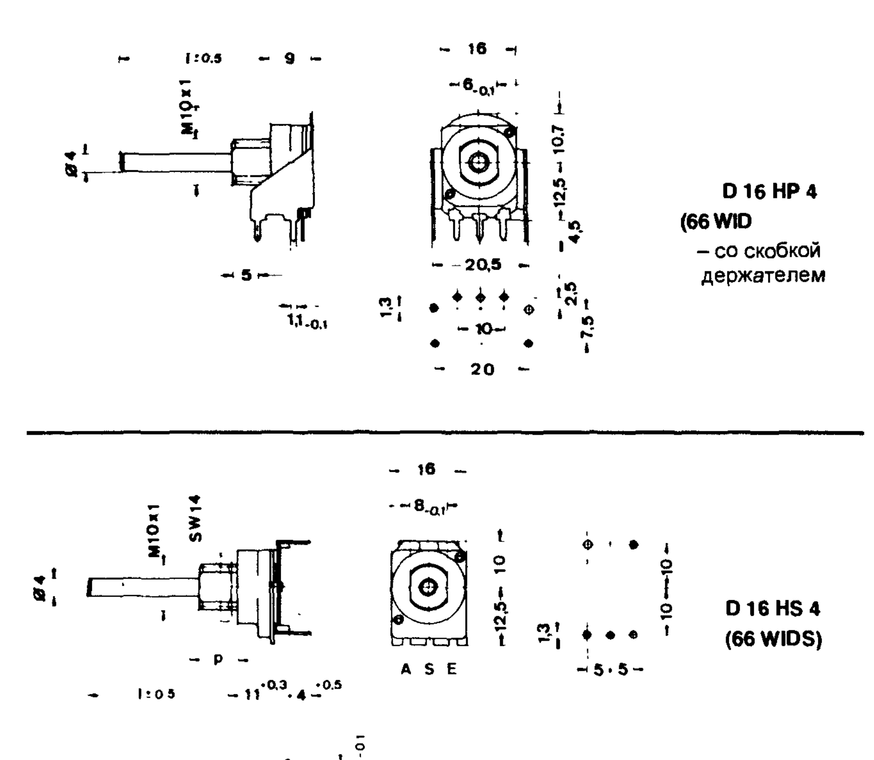


D 16 HP 2
(66 WD
— Со скобой держателем
p = 8 mm
lin/lg
Ø4
Ø7
4 8
l 05
12
18
10 7
12 5
4 5
1,2
10
2 5
7,5
1 3
20
D 16 HF 6
(66 W/DS 24)
p = 5 mm
p = 8 mm
lin/lg
0,8x2,5
M7x0,75
SW10
Ø4
18
12
11
p
l·0,5
22
D 16 HP 6
(66 WD/DS 24)
p = 8 mm
lin/lg
M7x0,75
SW 10
0,8 x 2,5
Ø4
16
10,7
12,5
4,5
1,2
2,5
1,3
2,5
p
6,8
l : 0,5
22
5 · 5

Таблица П26. Параметры резисторов D16H...lin (D16WI...lin), D16H...log (D16WI...log)

Тип резистора		D16H...lin (D16WI...lin)	D16H...log (D16WI...log)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		47E...10M	1K0...4M7
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	47E...K10	–
20	10	K10...1M0	K10...1M0
30	20	1M0...4M7	1M0...4M7
–50...–30	30	4M7...10M	–
Выключатель сети		Одиночный типа DS24 на 2 А	
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		0,15	0,08
Диапазон рабочих температур, °С		–25...+70	–25...+70
Предельное рабочее напряжение, В		250	200
Напряжение изоляции, кВ		2,5	
Угол поворота оси, °: ...выключателя резистора суммарный		40 270 310	40 270 310

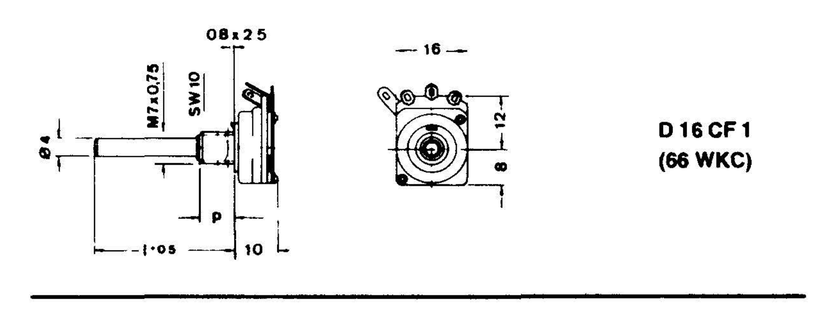


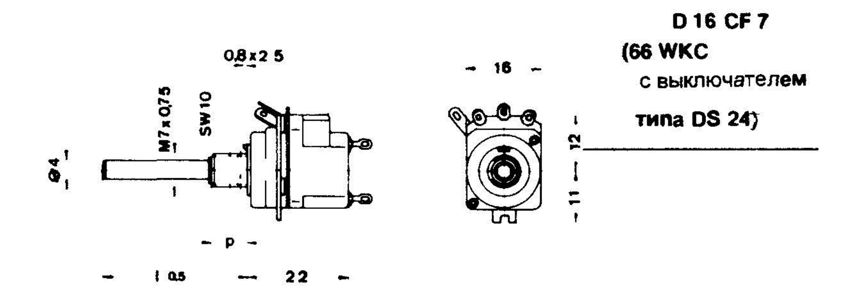


l:0,5
9
16
M10x1
Ø 4
6-0,1
10,7
12,5
4,5
5
20,5
1,1-0,1
1,3
2,5
7,5
10
20
D 16 HP 4
(66 WID
– со скобкой
держателем
16
8-0,1
M10x1
SW14
Ø 4
10
12,5
1,3
10
10
p
A S E
5 5
l:0,5
11+0,3
4+0,5
1,1-0,1
D 16 HS 4
(66 WIDS)

Таблица П27 **Параметры резистора D16C... (66WKC)**

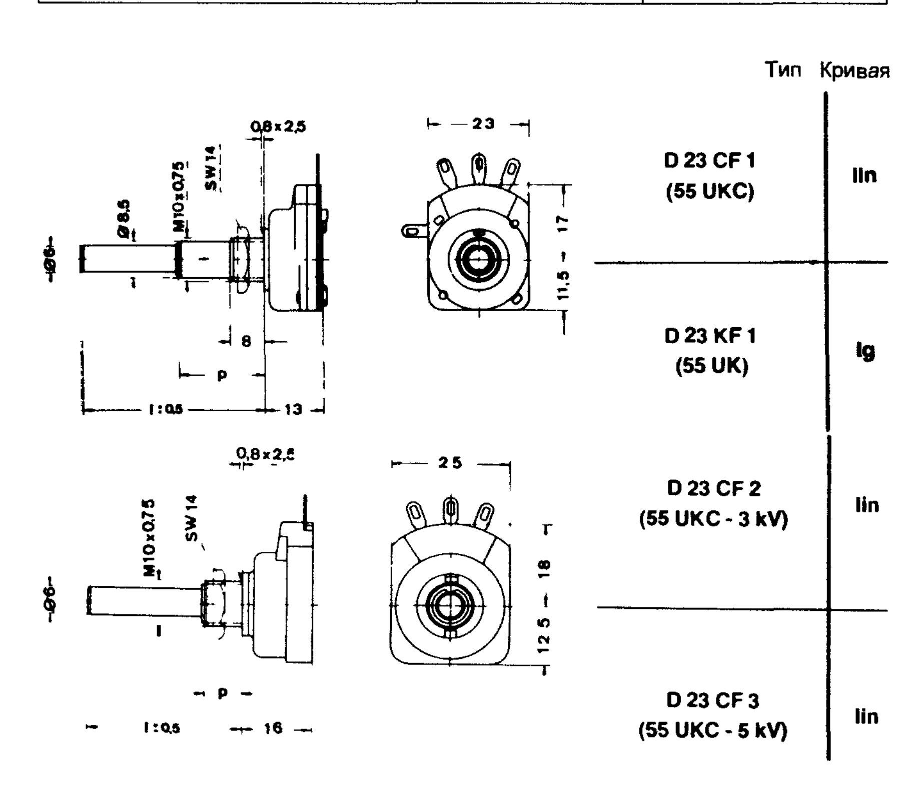
Материал резиста		Кермет
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E 1M0
Допуск, ±%		
нормальный	узкий	
30	20	220E 47E
20	10	47E 1M0
Форма кривой (характеристика)		Линейная
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		0,75/40
Диапазон рабочих температур, °С		0,5/70
Предельное рабочее напряжение, В		300
Напряжение изоляции, В		500
ТКС для номиналов 10E 47E 47E K10 K10 1M0		 $+250\times 10^{6}$/°C0 $+150\times 10^{6}$/°C $+100\times 10^{6}$/°C
Выключатель одиночный DS24 на 2 А		





Т а б л и ц а П28 **Параметры резистора D23C…(55UKC…), D23…(55UK…)**

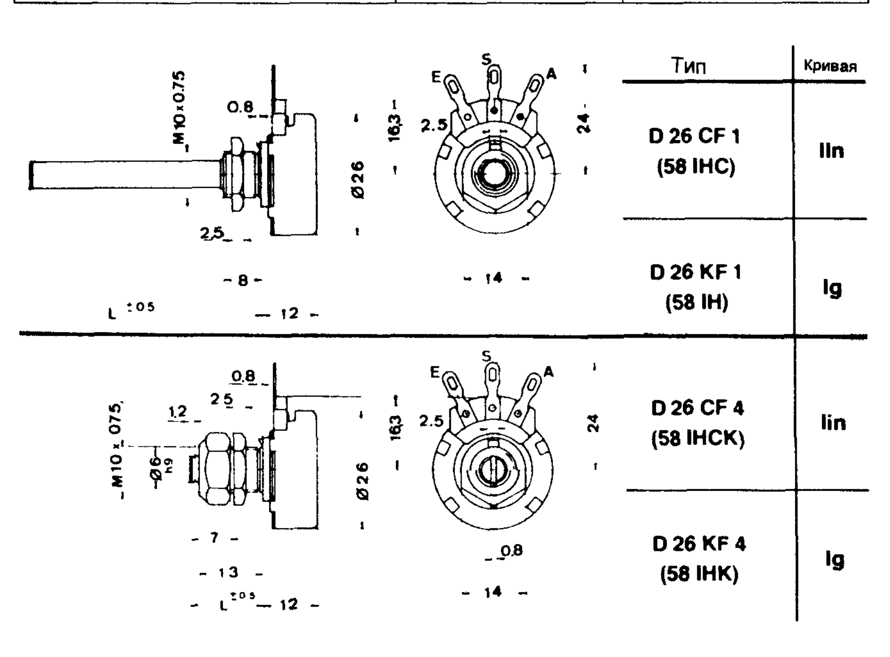
Тип резистора		D23C (55UKC)	D23 (55UK)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		22E 4M7	1K0 4M7
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	22E 47E	1M0 4M7
20	10	47E 1M0	1K0 M47
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °С		4,0/40	1,3
Диапазон рабочих температур, °С		–55 +110	–40 +90
Предельное рабочее напряжение, В		400	250
Напряжение изоляции, кВ		1,0	
ТКС для номиналов 22E 47E 47E K10 K10 1M0		 +250×10^{6}/°C +150×10^{6}/°C +100×10^{6}/°C	+300 –1000×10^{6}/°C



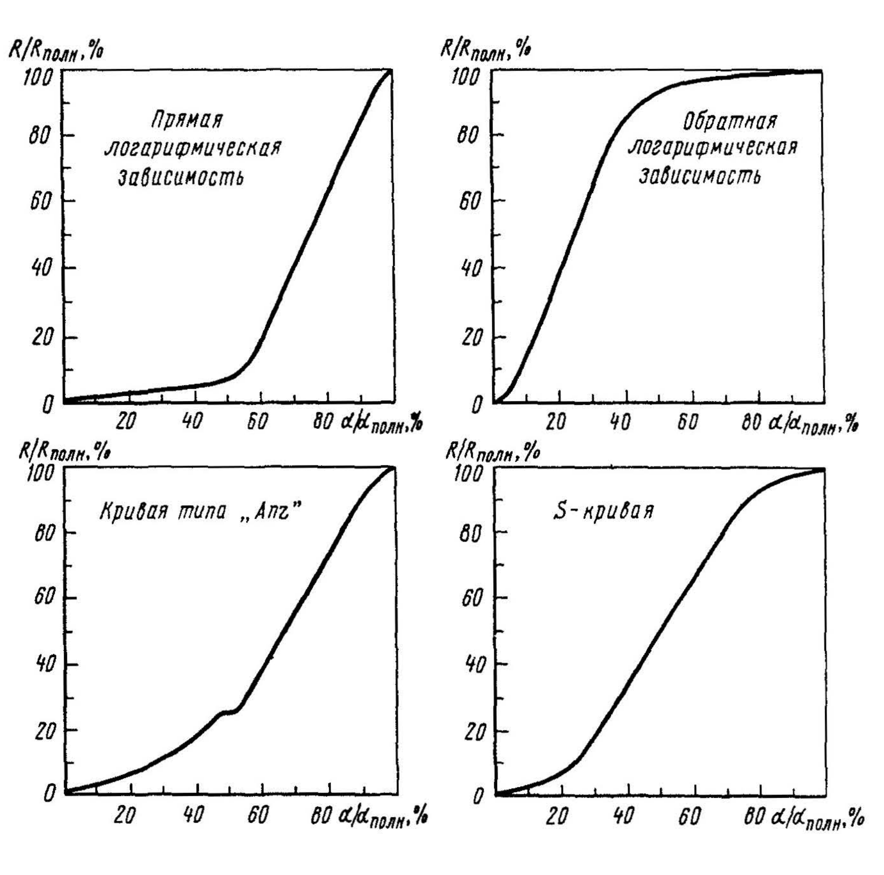
Тип	Кривая
D 12 CF 1 (70 HC)	lin
D 12 KF 1 (70 H)	lg
С пылезащитным колпачком	
D 12 CF 3 (70 HC/FE.KA)	lin
D 12 KF 3 (70 H/FE.KA)	lg
D 12 CP 2 (70 HDPC)	lin
D 12 KP 2 (70 HDP)	lg
С пылезащитным колпачком	
D 12 CP 3 (70 HDPC/FE.KA)	lin
D 12 KP 3 (70 HDP/FE.KA)	lg

Таблица П29. **Параметры резисторов D26C...(58IHC), D26C...(58IH)**

Тип резистора		D26C...(58IHC)	D26C...(58IH)
Характеристика		Линейная	Логарифмическая экспоненциальная
Материал резиста		Кермет	Уголь (графит)
Материал подвижного контакта		Уголь (графит)	Уголь (графит)
Диапазон сопротивлений		47E...4M7	1K0...1M0
Допуск, ±%			
нормальный	узкий		
30	20	47E...1M0	
20	10	K10...1M0	1K0...1M0
30	20	1M0...4M7	
Сопротивление изоляции, ГОм		Более 10	Более 10
Номинальная мощность, Вт, при температуре, °C		3,0/40 1,5/70 0,75/85	1,5/40 0,75/70 0,38/85
Диапазон рабочих температур, °C		–55...+90	–40...+90
Предельное рабочее напряжение, В		450	300
Напряжение изоляции, В		900 (50 Гц)	
ТКС для номиналов: 47E..47K 47E..K10 K10...1M0		 +150×10^{6}/°C +100×10^{6}/°C +100×10^{6}/°C	 +300...–800×10^{6}/°C +300...–1000×10^{6}/°C



Кривые функциональной зависимости, часто встречающиеся у потенциометров западно-европейского производства



Список литературы

Краткий справочник конструктора РЭА/Под ред Р Г Варламова – М Сов Радио, 1973

Резисторы Справочник/ Под ред И И Четверткова – М Энергоиздат, 1961

Аксенов А.И., Ермаков Е.С., Нефедов А.В. Условные обозначения и маркировка постоянных резисторов производства зарубежных фирм//Зарубежная радиотехника, № 10

Содержание